1881
Lane Medical Library

Zur Lehre

von der

Regeneration der Röhrenknochen.

VON

NIKOLAI VON STRYK.

DORPAT.
DRUCK VON H. LAAKMANN'S BUCH- UND STEINDRUCKEREI.
1881.

Zur Lehre

von der

Regeneration der Röhrenknochen.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR ERLANGUNG DES GRADES

EINES

DOCTORS DER MEDICIN

VERFASST

UND MIT BEWILLIGUNG EINER HOCHVERORDNETEN MEDICINISCHEN FACULTÄT DER KAISERLICHEN UNIVERSITÄT ZU DORPAT ZUR ÖFFENTLICHEN VERTHEIDIGUNG BESTIMMT

VON

NIKOLAI VON STRYK.

ORDENTLICHE OPPONENTEN:

Dr. W. Koch. — Prof. Dr. A. Vogel. — Prof. Dr. Ed. v. Wahl.

DORPAT.

DRUCK VON H. LAAKMANN'S BUCH- UND STEINDRUCKEREI.

1881.

Gedruckt mit Genehmigung der medicinischen Facultät.
Dorpat, den 9. Mai 1881.
Nr. 192. Decan: F. Hoffmann.

Allen meinen hochverehrten Lehrern an hiesiger Hochschule, namentlich aber Herrn Prof. Dr. Ed. v. Wahl, auf dessen Anregung ich die vorliegende Arbeit unternahm, sage ich meinen herzlichsten Dank.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40154018_0119

Die Oſteogeneſe iſt ein alt beliebtes Feld anatomiſcher und experimenteller Unterſuchungen. Trotzdem hat ſie bis auf den heutigen Tag nicht zu einem endlichen Abſchluſs gelangen können. — Seit anderthalb Jahrhunderten etwa ſind die alten aprioriſtiſch-theoretiſirenden Erklärungsverſuche aufgegeben worden und wird das Thema auf Grund exacter Forſchung behandelt.

Als erste Grundlage unſrer heutigen Anſchauungen über die phyſiologiſchen und pathologiſchen Vorgänge am Knochengewebe haben wir die Lehren Rob. Nesbitt's[1]) zu nennen[2]). Er trat der Theorie, daſs aller Knochen aus Knorpel entſtände, entgegen und lehrte die intermembranöſe von der intercartilaginöſen Oſſification unterſcheiden, betonte aber gleichzeitig, daſs die Knochenſubſtanz ſich nicht auf zweierlei Weiſe bilde, ſondern in beiden Fällen auf ein und dieſelbe, und zwar durch ſucceſſive Ablagerung eines verbeinernden Saftes aus dem Blute. Auch ſpricht er ſchon damals die Anſicht

1) Osteogeny 1736 deutsch von Greding 1753

2) Bei dieser historischen Uebersicht hat mir die ältere Literatur nicht in den Originalen vorgelegen. Ich beschränke mich auf Zusammenstellung kurzer Notizen, mich berufend auf Angaben von: E. Gurlt (Knochenbrüche 1862) L. Ollier (traité expèr. et clinq. de a régén. des os 1867) L. Stieda (Bildung des Knochengewebes 1872) A. Kölliker (die normale Resorption des Knochengewebes 1873) und A m.

aus, dafs es ſich nicht um directe Verknöcherung des Knorpels handele, ſondern dafs letzterer vielmehr zerſtört werde. Was das fernere Wachsthum des Knochens anlangt, ſo hat er richtig erkannt, dafs es in Appoſition neugebildeten Gewebes auf das alte beſtehe. Ebenſo weiſt Nesbitt auf die Einwirkung hin, die der Druck der Weichtheile anf die Knochenform ausübt.

In derſelben Zeit trat Van Switen[1]) in Hinſicht der pathologiſchen Knochenbildung der auf Galen zurückgeführten Anſchauung entgegen, die den Fracturcallus als unorganiſirtes Bindemittel zwiſchen den Bruchenden, aus überſchüſsigem Nährſaft entſtanden, anſah.

Der gebrochene Knochen wird nach ihm durch organiſches Knochengewebe erſetzt und verbunden.

Auf experimentelle Unterſuchungen an Callusbildungen und Knochen mit Krapp gefütterter Thiere geſtützt, wies Duhamel[2]) auf die Bedeutung des Periostes für das normale Wachsthum ſowohl, als für die Regeneration des Knochengewebes hin. Der Knochen nehme an Umfang durch ſucceſſive Oſſification der innerſten Perioſtſchichten zu. Andrerſeits aber blieb er bei der alten von Clopton Havers ſtammenden Expanſionstheorie für das Längenwachsthum des Knochens und die Erweiterung ſeiner Markhöhle ſtehen, da ihn hierauf ſeine bekannten Ring- und Stiftverſuche hinzuweiſen ſchienen. Auch der Markmembran ſchrieb er oſſificatoriſche Fähigkeit zu; ſie betheilige ſich ebenſo wie das Perioſt an der Callusbildung, ja könne ſie ſogar allein übernehmen.

---

1) bei Boerhaave: Aphorism. de cognosc. et curand. morb. 1744.

2) Mémoires de l'Acad. roy. des Sciences 1741 und Histoire de l'Acad. roy. d. Sc. 1741–43.

Aber diese von den bedeutenden Forscher so weit entwickelten Theorien sollten noch nicht so bald allgemeine und volle Anerkennung finden.

Walter[1]) gab den von Nesbitt gelehrten Untergang des Knorpels bei der Ossification freilich zu, stellte aber eine sehr gezwungene Theorie der Knochenablagerung aus dem Blute auf und leugnete jede Betheiligung des Periost's an der Knochenbildung.

Ferner trat Haller[2]) sowohl Nesbitt entgegen, indem er den Knochen aus einem erst gallertigen, dann knorpeligen Stadium endlich in ein knöchernes übergehen liefs, als auch Duhamel, gegen dessen directe Periostossification er sich wandte, darin aber so weit ging, jede knochenbildende Thätigkeit der Beinhaut zu leugnen. Wie bei der physiologischen, so läfst er auch bei der pathologischen Knochenbildung den callusliefernden „succus osseus" der Alten die drei Stadien durchmachen.

Auch Bordenave[3]) acceptirte Duhamel's Theorie nicht, sondern sah im Periost nur eine Membran, welche die für den Knochen bestimmten Gefäfse begleitet und ihnen als Stütze dient. Der Callus bilde sich, durchaus analog der Weichtheilnarbe, einzig aus einer Thätigkeit der Bruchenden selbst.

Wir haben jetzt eines Forschers Erwähnung zu thun, der freilich selbst sich mehr an Haller anlehnend gegen Duhamel auftrat, im Grunde aber doch durch das Resultat seiner Experimente die periostale Appositon nur noch fester stützte. M. Troja[4]) überwies die Rolle der Knochenbildung

1) Abhandlung vom trockenen Knochen des menschl. Körp. 1763.

2) Deux mémoires sur la formt. des os 1758. Elementa physiolog. 1766 und Oper. minor. 1767.

3) bei Fougeroux, Mémoires sur les os 1760.

4) de novorum oss. regenerat. 1775, übersetzt von Kühn 1780.

einer zwiſchen Perioſt und Knochen exſudirten gelatinöſen Maſſe. Er ſtudirte die Knochenneubildung nicht, wie bisher geſchehen, ausſchliefslich an Fracturen, ſondern lehrte den Weg, an Necroſen, die er durch Zerſtörung der Markſubſtanz zu Stande brachte, dem alten Knochen aufgelagerte, unter dem Perioſt entſtandene Neubildungen zu beobachten. Durch weitere Experimente zeigte er, dafs auch nach Abtragung des Perioſtes mit conſecutiver Necroſe der Corticalis ſich in der Markhöhle Knochenneubildung finde.

In das Ende des vorigen Jahrhunderts fallen die experimentellen Forſchungen J. Hunter's [1]), die ſich namentlich auf das Knochenwachsthum bezogen. Seine Reſultate waren die, dafs das Wachsthum des Knochens einzig und allein auf Appoſition beruhe, und dafs dieſer wieder Reſorptionsvorgänge innen und aufsen am Knochen entgegenarbeiten, auf welche die Erhaltung der typiſchen Knochenform und die Erweiterung der Markhöhle zurückzuführen ſei. Es kämen hier keinerlei interſtitiell-expanſive Vorgänge in Frage, wie Duhamel es wollte. Für die Callusbildung, wie überhaupt einen groſsen Theil pathologiſcher Producte, wies er dem ergoſſenen Blute die Hauptrolle zu.

In der nächſten Folge wurden auf dem von Duhamel betretenen und von Hunter verfolgten Wege keine weitern Fortſchritte gemacht; es hatte im Gegentheil den Anſchein, als ſollten der Wiſſenſchaft die gewonnenen Reſultate verloren gehen.

A. Scarpa [2]) leugnete die Betheiligung des Perioſtes bei der phyſiologiſchen Knochenbildung vollſtändig und räumte ihm eine durchaus untergeordnete Bedeutung für den Callus ein: Es bilde eine Art natürlicher Grenze der

1) Oeuvres complètes, trad. Richelot 1844.
2) Mémoires de physiolog. et chirg. pratique 1804.

Offification, deren Ueberhandnahme es verhindere. Schliefslich weift er darauf hin, dafs das Periofl vielleicht, wie es vor ihm Bordenave angedeutet, feine wichtigfte Rolle fpiele als Bindegewebe und nur behufs befferer Fixation und zum Schutz gegen Zerrung am Knochen hafte.

In feiner Callustheorie nahm Dupuytren[1]) die Forfchungen und Lehren Duhamel's wieder auf und fügte aus eigener Beobachtung hinzu, dafs nicht nur das Periofl, fondern auch die anliegenden Weichtheile fich an der Callusbildung betheiligten. Von ihm ftammt die Unterfcheidung zwifchen provifori fchem und definitivem Callus. Erfterer umgebe zu Anfang die Bruchenden innen und aufsen kapfelartig und werde vom Periofl, Markgewebe, benachbarten Bindegewebe, ja zuweilen felbft den Muskeln geliefert. Der definitive Callus fei das Product der Markmembran allein. Erft fpät verknöchere diefer vollftändig und verbinde dann, bei gleichzeitiger Reforption des provifori fchen Callus, die Fragmente feft.

Eine von diefer abweichende Theorie vertrat Dupuytren's Schüler Cruveilhier[2]). Nach ihm giebt es nur einen Callus, der, anfangs fpongiös und voluminös, fpäter compact werde und an Umfang verliere. Cruveilhier läfst den Knochen fich aus allen zerriffenen Weichtheilen regeneriren, die fämmtlich von der gelatinöfen Callusmaffe infiltrirt feien.

G. Brefchet[3]) trat für Dupuytren's Theorie ein, liefs aber aufser den von Jenem aufgeführten Geweben auch

---

1) bei Sanson: Exposé de la doctrine de M. le prof. Dupt. sur le callus. Journal univers. de sciences med. Tome XX 1820, und Leçons orales de clin. chir. T. II 1839.

2) Anatomie pathologique 1816 und 49.

3) Recherches histor. et expér. sur le calle 1819.

die Knochenſubſtanz der Fragmente ſich an der Callusproduction betheiligen.

Es wurde zur herrſchenden Theorie, daſs der proviſoriſche Callus von den Weichtheilen geliefert werde, der definitive aber aus einer Thätigkeit der Knochenſubſtanz ſelbſt hervorgehe [1]). Andere Autoren räumten, noch auf demſelben Boden ſtehend, doch dem Periost wenigſtens die erſte Stelle unter den Regeneratoren ein [2]).

Gleichzeitig aber haben wir einen Fortſchritt der anatomiſchen Kenntniſs von der Knochenbildung zu notiren: es greifen die Lehren wieder auf die Forſchungen der groſsen Männer des vorigen Jahrhunderts zurück.

J. F. Meckel [3]) und J. Howship [4]) betonten den neoplaſtiſchen Charakter der Offification und wieſen darauf hin, daſs, wie es ſchon Nesbitt gelehrt, nur ein Theil der Knochen knorpelig präformirt sei. Howship beschrieb das erſte Auftreten von Knochenſubſtanz an der Diaphyſe als Anlage eines subperioſtalen Hohlcylinders.

Ihnen ſchloſsen ſich dann andere Anatomen an. So P. Béclard [5]), der die von Howship noch adoptirte Intervenienz eines Knochenſaftes verwarf, und E. Weber [6]), welcher ſich zu der von Duhamel begründeten Lehre vom appoſitionellen Wachsthum bekannte.

Die Heranziehung des Mikroskopes zu histologiſchen Studien und die immer mehr Boden gewinnende Lehre vom Aufbau der Organismen aus Zellen konnten ihres Einfluſses auf die uns beſchäftigende Frage nicht ermangeln. Sie führ-

1) Meding. Weber. Brodie. Miescher. Cooper.
2) Heine. Stanley. Syme. Klencke.
3) Handbch. d. menschl. Anatom. 1815.
4) Medico-chirg. transactions T. VI—X 1816—19.
5) Elements d'Anatomie générale. 1832.
6) Hildebrandt's Handbuch der Anat. herausggb. von W. 1830.

ten indefs vorerft die Autoren zu metaplaftifchen Anfchauungen zurück. So will G. Valentin[1]) „die deutlichsten Uebergänge von den in dem früheren Knorpel enthaltenen Körnchen“ in Knochenkörperchen beobachtet haben. Er unterfcheidet drei Stadien der Knochenbildung: ein häutiges, ein knorpeliges und ein verknöchertes. Ebenfo fieht F. Miefcher[2]) in jedem Knochen die letzte Entwickelungsftufe des Knorpels und leitet die Knochenkörperchen direct von den Knorpelkörperchen ab. — Diese noch mehrfach bestätigte Lehre blieb lange die allgemein herrfchende und findet bis in die neuften Publicationen hinein ihre Anhänger.

Einige Jahre später nahmen die experimentellen Forfchungen über Oßeogenese einen neuen Auffchwung in Frankreich. P. Flourens[3]) nahm die alten von Duhamel ftammenden Experimente wieder auf und führte fie weiter fort. Er acceptirte Duhamel's Periofloffification, verwarf aber feine Knochenexpanfion, indem er Hunter beiflichtete, was die medulläre Resorption als Prinzip der Markhöhlenerweiterung anlangt. Auch das Längenwachsthum führte er auf Appofition zurück und zwar in der Epiphyfengrenze. Seine Krappfütterungen brachten ihn zum Refultat, auch eine Offification des Markgewebes zu behaupten. Im Einklange mit der Würdigung der offificatorifchen Bedeutung des Periofles führte Flourens auch urfprünglich die Callusbildung nur auf diefes Organ zurück. Die Beobachtung aber möglichst dislocirter Splitterbrüche brachte ihn später zur Annahme einer zweiten Callusart, eines provifforifchen «Muskelcallus», geliefert von den dem veletzten Knochen benachbar-

1) Handbuch der Entwickelungsgesch. des Menschen 1835.

2) de inflammat. ossium eorumque anatome generl 1836.

3) Recherches sur le developpement des os et des dents 1812 und Théorie expériment. de la format. des os 1817.

ten Weichtheilen, im Gegensatze zum permanenten «Periost-callus», an deſſen Bildung der Knochen ſelbst indeſſen nicht Theil habe, wol aber die Medullarmembran, die er auch «periosteum internum» nennt.

Wir haben geſehen, daſs Flourens ſeine Reſultate zum Theil auf Krappverſuche begründete. Das führte zu einer eingehenden Discuſſion in der Pariſer Academie [1]). Serres und Doyères waren die Erſten, die die Beweiskraft der Krappfärbung für Knochenneubildung angriffen, die bis dahin auf Treu und Glauben angenommen war. Flourens Gegner erklärten das Phänomen für ein ſolches von einfacher Färbung präexiſtirenden Gewebes, einzig abhängig von der Gefäſsvertheilung und ſich nicht einmal auf die Knochen allein beſchränkend. Auch würde die gefärbte Subſtanz allmälig wieder entfärbt, ohne deshalb ſelbſt geſchwunden zu ſein.

Flourens blieb bei ſeiner Anſchauung den Krapp betreffend und wurde darin unterſtützt von Brullé und Hugueny [2]). Dieſe Forſcher führten die Theorie auf dem betretenen Pfade weiter fort und ihre Reſultate ſind kurz folgende: An der Aufsenfläche (Periost) und an der Innenfläche (Medullarmembran) des Röhrenknochens findet ſowohl Ablagerung als Reſorption von Knochenſubſtanz ſtatt. Dabei findet man, daſs die gefärbten Partien beider Flächen alterniren. — In die Länge wachſe die Diaphyſe durch Anlagerung neuer Schichten an ihren Enden, in deren Bereiche aber gleichzeitig auch Reſorption von Knochenſubſtanz ſich finde. Bei kurzen Knochen (reſp. Epiphyſen) und breiten ſei der Vorgang im Princip derſelbe, d. h. es handele ſich

1) Comptes rendus de l'Acad. 1842.

2) Expériences sur le développement des os etc. Annales des sciences T. III. 1845.

auch hier um ein Ineinandergreifen von Appofition und Reforption, nur in anderer Anordnung. Zum Schluſs betonen die Autoren, daſs Periofl und Medullarmembran die gleichen Eigenfchaften befäſsen; fie feien beide wechfelweife Organ der Appofition und Reforption.

In der Folge erkannten die Forfcher die Bedeutung des Periofl's freilich an, aber nur als Organ, welches das Callusmaterial, in Form eines Exfudats «plaſtifcher Lymphe» liefere, woran fie dann auch bald dieſes, bald jenes andere Gewebe fich betheiligen lieſsen. Die Dupuytren'fche Zweitheilung wurde meiſt verworfen [1]).

C. Rokitansky [2]) acceptirte ebenfowenig ein bei der Callusbildung offificirendes Exfudat, wie er dem bei der Fractur extravafirten Blute eine Rolle bei der Regeneration zuzuertheilen vermochte. Er führte den Callus auf active Wucherung des Knochens und des in ihn eingehenden Bindegewebes zurück. Dem Periofl lieſs er feinen Antheil an diefer Bindegewebswucherung, in die der Knochen felbſt dann hineinwachfe.

Aehnlich iſt der Standpunkt den F. Schweigger-Seidel [3]) vertrat. Das Callusmaterial führte er auf entzündliche Wucherung der Weichtheile, des Periofles, des Markes und des Knochens felbſt zurück. Die periofiale Wucherung unterfcheide fich von der der übrigen Weichtheile dadurch, daſs fie ein knorpeliges Vorſtadium der Verknöcherung befitze, während im Uebrigen der Charakter embryonalen Bindegewebes bis zur Offification beibehalten werde.

R. Hein [4]) führte die pathologifche Knochenneu-

1) Lebert, Alquié, Voetsch, Hilty.

2) Lehrbuch der patholog. Anat. 1856.

3) Disquisit. de callo. Diss inaug. 1858.

4) Ueber die Regenerat. gebrochener und resecirter Knochen. Virchow's Arch. Bd. XV. 1858.

bildung auf Thätigkeit von Geweben der Bindefubftanzgruppe zurück. Es könne fich daran entweder nur Perioft und Knochenmark betheiligen, oder, was meift der Fall fei, das benachbarte Bindegewebe trete auch in Activität. Er behielt die Theilung in proviforifchen und definitiven Callus bei, da fich beide Producte durch Structur und Art der Ernährung von einander unterfchieden.

R. Virchow[1]) fah ebenfalls im Perioft den Hauptfactor der Callusbildung. Und zwar feien es die innerften Schichten, welche durch Zellenproliferation das Callusmaterial lieferten. In felteneren Fällen trete in diefer Wucherung Knorpelbildung auf. Bei gewiffer Reichlichkeit greife die Callusbildung auf das benachbarte Bindegewebe über, welches aus fich offificationsfähiges Gewebe liefere. Von der äufsern unterfchied Virchow die innere, myelogene Callusbildung. Ebenfo wie das Markgewebe zum phyfiologifchen Dickenwachsthum beitrage, fo betheilige es fich auch bei der Knochenregeneration. — Schliefslich foll auch das alte Knochengewebe felbft thätig fein. Es gehe an gewifsen Theilen in weiches Gewebe über, proliferire, verfchmelze und offificire von Neuem.

Von der eben reproducirten Lehre Virchow's unterfcheidet fich die E. Gurlt's[2]) wefentlich dadurch, dafs Diefer jede Betheiligung der Fracturenden felbft an der Regeneration leugnete. Was Perioft, Mark und benachbartes Bindegewebe anlangt, ftimmte er Virchow bei, nur dafs er folgerichtig die von diefem der alten Knochenfubftanz zugewiefene Aufgabe dem Markgewebe übertrug. Trete in den perioftalen Producten Knorpelbildung ein, fo fei Das auf eine ftärkere Reizung zurückzuführen.

1) Cellularpathologie 1858.
2) Handbch. d. Lehre v. d. Knochenbrüchen 1862.

Wefentlich diefelbe Theorie vertritt Th. Billroth[1]) nur glaubt er, geftützt auf Cohnheim's Beobachtungen, annehmen zu müffen, dafs ein grofser Theil der in den Haversfchen Kanälen anzutreffenden jungen Zellen nicht in loco neugebildet, fondern aus der Blutbahn ausgetreten fei.

Nachdem wir, um den Zufammenhang der Entwickelung der Lehre von der pathologifchen Knochenneubildung nicht aus den Augen zu verlieren, uns nur mit diefer befchäftigt, kehren wir jetzt zur phyfiologifchen Offification zurück.

Die von Valentin und Miefcher oben präcifirte Lehre, nach der jeder Knochen durch directe Metaplafie aus einer knorpeligen Anlage hervorgehen follte, hatte nach mehrfacher Beftätigung durch andere Forfcher[2]) Eingang gefunden in mehre in den vierziger Jahren erfchienene Lehrbücher[3]). Dennoch follte fie nicht lange die allein herrfchende bleiben. Es waren Sharpey's Unterfuchungen, die den erften Anftofs zu ihrer Erfchütterung gaben.

Sharpey, auf deffen Lehren wir weiter unten zurückkommen und mit ihm A. Kölliker[4]) machten wieder auf die von Nesbitt gelehrte Unterfcheidung zwifchen intermembranöfer und intercartilaginöfer Knochenbildung aufmerkfam.

Kölliker unterfchied die knorpelig präformirten als die primären Knochen von den fecundären, bei denen fich keine Knorpelanlage finde. In Bezug auf die Erfteren blieb er noch bei der herrfchenden Anfchauung der directen Abftammung der Knochenzelle von der Knorpelzelle, während

1) Allgem. chirg. Pathlg. u. Therap. 1876.
2) Schwann, Bidder, Meyer.
3) Gerber, Bruns, Henle, Todd u. Bowmann.
4) Gewebelehre 1850.

für die fecundären Knochen, wie für die Perioſtoſſification, er die Matrix der Knochenſubſtanz in einem von den Gefäſsen gelieferten organiſirten «oſſificirenden Blastem» ſah Als Princip des Knochenwachsthumes acceptirte Kölliker die perioſtale Appoſition und die medulläre Reſorption in vollem Maſse. Ueber Reſorption an der Aufsenfläche der Knochen will er indeſſen noch kein endgiltiges Urtheil abgeben, weiſt aber auf mehre Knochen hin, deren Geſtaltveränderung im Laufe des Wachsthumes ſich kaum ohne Heranziehung von derartigen Vorgängen erklären lieſse.

Virchow[1]) vertrat im vollſten Maſse die Lehre der metaplaſtiſchen Entſtehung des Knochengewebes aus Bindegewebe (Perioſt) und Knorpel. Bei der Oſſification verwandelten ſich ſowohl Zellen als Grundſubſtanz in die entſprechenden Gebilde des Knochens. Für das Wachsthum ſchloſs er ſich der appoſitionellen Auffaſſung an. Er erklärte die Raumzunahme der Schädelhöhle auf äufsere Appoſition und innere Reſorption zurückführen zu müſſen, und auch die Geſtaltveränderungen am Unterkiefer müſsten auf ähnlichen Urſachen beruhen.

Bald darauf führte L. Fick[2]) die Formgeſtaltung der Knochen auf die dieſelben umgebenden Weichtheile zurück. Wo das Wachsthum des Skelets mit dem der Weichtheile in Conflict gerathe, wichen die Knochen ihrem Andrange, würden theils reſorbirt, theils bildeten ſie ſich in die Lücken derſelben hinein.

Aber auch gegen die letzten Reſte der Theorie von der Knorpelmetaplaſie erhoben ſich Widerſacher. Sharpey[3])

---

1) Das normale Knochenwachsthum etc. Arch. f. patholg. Anat. Bd. V. 1853.

2) Ueber die Ursachen der Knochenformen 1857 u. 59.

3) In Guain's Anatomy, herausgegeben von Sharpey und Ellis 1856.

lehrte, dafs die verkalkten Höhlen des präformirten Knorpels eröffnet werden, die Knorpelkörperchen fchwinden und dafs fich an die Wände der fo entftandenen Räume die Knochenfubftanz fchichtweife ablagert, ohne indefs über den Urfprung des Bildungsgewebes Auffchlufs geben zu können.

Ebenfo erklärte Bruch[1]) die Knochenkörperchen nicht für directe Abkömmlinge des Knorpels anfehen zu können. Es fchmelze die knorpelige Anlage bei der Offification «zu einem fecundären Blaftem ein, woraus das fogenannte Knochen- und Knorpelmark» hervorgehe. Der Knochen entftehe entweder unabhängig von knorpelig präformirten Theilen oder als Appofition auf diefelben.

Nicht wefentlich verfchieden hiervon find die Lehren H. Müller's[2]), die wieder ihrerfeits mit den Refultaten A. Baur's[3]) übereinftimmen. Die Knochenfubftanz trete an die Stelle des präformirenden Knorpels, deffen Grundfubftanz nur eine proviforifche Bedeutung habe und nach gefchehener Verkalkung einfchmelze. Aber die fötalen Markzellen und fomit die von ihnen abgeleiteten Knochenzellen hielten beide Forfcher für Abkömmlinge der Knorpelzellen.

So fchnell fich diefe Anfchauung verbreitete und fo viel Anhang und Unterftützung fie fand, fo ftiefs fie doch auf Widerftand. Zuerft machte Aeby[4]) drauf auf-

1) Ueber das Bindegewebe. Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoolg. Bd. VI. und Entwickelung des Knochensystems. Denkschrift der Schweiz. Naturf. Gesellsch. Bd. XII. 1853.

2) Entwickelung der Knochensubstanz. Zeitschr. f wissensch. Zoolg. Bd. IX. 1858.

3) Verknöcherung d. primordialen Knorpels. Müller's Arch. 1857 und Entwickelung der Bindesubstanz. Diss. inaug. 1858.

4) Ueber die Symph. oss. pub. des Menschen, nebst Beiträgen zur Lehre vom hyalinen Knorpel und seiner Verknöcherung. Zeitschrift für rationelle Medc. 1858.

merkſam, daſs Müller einen Uebergang von Knorpelzellen in die des fötalen Markes nicht habe nachweiſen können. Er ſehe nicht ein, was mit einer ſecundär auftretenden oſteogenen Subſtanz gewonnen ſei. Er blieb bei der älteren Anſchauung der directen Oſſification des Knorpels.

Dieſelbe ſtützte auch N. Lieberkühn[1]). Er behauptete die echte Knochenſubſtanz gehe ebenſowohl aus hyalinem und Faſerknorpel hervor, als aus der verknöchernden Bindeſubſtanz des Perioſtes. Der hyaline, oſſificirende Knorpel ſei ein Bildungsſtadium des Knochens und die in letzterem eingeſchloſſenen Zellen, Reſte der Knorpelzellen.

Auch über das Knochenwachsthum gab Lieberkühn in den genannten Arbeiten ſeine Forſchungen bekannt. Er ſtellte ausgedehnte Verſuche mit Krapp an, die ihn zum Reſultat führten, daſs dieſer Farbſtoff nur neuabgelagerte Knochenſubſtanz färbe und daſs mit ſeiner Hülfe ſich am wachſenden Knochen Appoſition und Reſorption von Knochenſubſtanz nachweiſen laſſe. Er könne Brullé's und Hugueny's Reſultate nur durchaus beſtätigen. — G. M. Hymphry[2]) J. Uffelman[3]), Bredichin[4]) ſtützten durch vielfach variirte Experimente und Beobachtungen die Appoſitionstheorie.

Wir kommen jetzt auf eine der bedeutendſten experimentellen Arbeiten zu ſprechen, die die Oſteogeneſe betreffen. An der Hand zahlreicher, auf's Genialſte variirter Verſuche trat L. Ollier[5]) für das appoſitionelle Knochenwachsthum in die Schranken. — Der Knochen wachſe

1) Mehre Publicationen in Müller's Archiv von 1860—65.
2) Transact. of the Cambridge Philos. Society. Vol. XI. 1864.
3) Deut. Klinik 1864
4) Medc. Centralblt. 1867.
5) Traité expériment. et clinique de la régénération des os 1867.

durch Anbildung neuer Schichten auf Koſten des Epiphyſenknorpels und der innerſten Perioſtſchicht, die er »couche ostéogène« nennt. Es finde ſich ferner auch Knochenanbildung in den Havers'ſchen Kanälen und an gewiſſen Stellen der centralen Markhöhle vom anliegenden Markgewebe herſtammend. Doch ſpiele Letzteres unter normalen Verhältniſſen nur eine untergeordnete Rolle bei der Knochenbildung, vielmehr ſei es vor Allem ein Product der ſtattgehabten Reſorption. — Ebenſo acceptirte er die von Hunter zuerſt behauptete Knochenreſorption. Auf die Ungleichmäſsigkeit der Appoſition von Knochenſubſtanz und die mit ihr Hand in Hand gehende Reſorption führte er die Geſtaltungsverhältniſſe der Knochenformen zurück. Die Krappfärbungen, deren Beweisfähigkeit für Knochenbildung er aus ſeinen Experimenten ſtützte, beſtätigten ihm ſeine Anſchauungen.

Aber den Hauptpunkt der Unterſuchungen Ollier's bildete die pathologiſche Knochenbilduug: die Knochenregeneration. Hier ſuchte er das Offificationsvermögen aller in Betracht kommenden Gewebe einzeln zu ermitteln. Dem Perioſt muſste er die erſte Stelle einräumen und zwar deſſen innerſter zelliger Schicht, der «couche ostéogène», die unter Proliferation ihrer Elemente offificire. Trete im Perioſtproduct Knorpel auf, ſo führte Ollier dieſen Vorgang ebenſo wie Virchow und Gurlt auf übermäſsige Reizung zurück. Was dann zweitens das Markgewebe anlangte, ſo käme dem pathologiſch gereizten immerhin in höherem Maſse die Fähigkeit zu, Knochen zu bilden wenn ſie auch nicht ſo bedeutend ſei wie die des Perioſt's. Bei Brüchen ſpongiöſer Knochen liefere das Mark das hauptſächliche Callusmaterial. Das eigentliche Knochengewebe betheilige ſich nur an der Callusbildung vermittelſt des Markes der Haversſchen Kanäle.

Auch die umgebenden Weichtheile, und zwar nament-

lich das Bindegewebe trete bei ſtärkerer Reizung zu der Callusbildung in Activität, jedoch nur accidentell und es finde ſich auch hier, namentlich in der Nähe des Perioſtes, ein knorpeliges Zwiſchenſtadium. Gewöhnlich komme es aber in den Weichtheilen nicht zur Bildung wahren Knochengewebes, ſondern das gelieferte Material verfalle ſchon früher der Reſorption. Zum Schluſs erwähnt er, daſs es ihm in einzelnen Fällen geſchienen, die auſserperioſtalen Verknöcherungen beruhten auf Perioſtfetzen, die ſich zwischen die Muskel verlagert.

Weſentlich dieſelben Anſchauungen über Callusbildung vertritt R. Volkmann [1]). Auch nach ihm ſind es Perioſt, Mark und, nicht regelmäſsig, die dem Knochen anliegenden ſonſtigen Weichtheile, die das Callusmaterial hergeben. Er will lieber einen äuſseren (perioſtalen) und einen inneren (medullären) Callus unterſcheiden, als Dupuytren's Theilung gelten laſſen.

Ollier war es nicht gelungen mit derſelben Sicherheit und Klarheit, wie er es für das Perioſt gethan, die Offificationsfähigkeit des Markgewebes nachzuweiſen. Seine für das Perioſt ſo ſicheren Transplantationsreſultate hatten ihm hier nie Knochengewebe geliefert. Er kam dadurch zur Anſicht, das Knochenmark könne nur an Ort und Stelle im Zuſammenhang mit dem Knochengewebe offificiren. E. Goujon [2]) unternahm es daher den Gegenſtand einer nochmaligen Prüfung zu unterziehen. Er transplantirte Markcylinder junger Hühner und Kaninchen unter die Haut und in den Muskel von Thieren derſelben Gattung und in ſechs Fällen gelang es ihm, im transplantirten Ge-

1) Krankheiten der Bewegungsorgane. Handb. v. Pitha und Billroth II. 2. 1867.

2) Recherches expérimentales sur les propriétés physiologiques de la moelle des os. Journ. de l'anat. et de la physiolg. C. Robin VI année 1869.

webe Knochenproduction nachzuweiſen. Goujon ſchlieſst hieraus, daſs das Knochenmark ebenſo wie das Periost Knochen bilde.

Aber ebenſo wie die Theorie der Oſſification durch Knorpelmetaplaſie immer wieder ihre Vertreter gegen die neoplaſtiſchen Anſchauungen fand, ſo gelangte auch der Streit um Appoſition und Intusception oder Expanſion als Prinzip des Knochenwachsthumes nicht zum Abſchluſs.

Auf Erfahrungen aus der chirurgischen Praxis vorzüglich baſirend trat Volkmann [1]) wieder für die alten Anſchauungen vom expanſiven Knochenwachsthum ein. Er leugnete die Möglichkeit, die im Lauf des Wachsthums auftretenden Geſtaltveränderungen der Knochen auf Reſorptionsvorgänge zurückzuführen.

Für's interſtitielle Knochenwachsthum plaidirte noch energiſcher Jul. Wolff [2]) (Berlin). Wiederholungen der alten Duhamel'ſchen Experimente brachten ihn zu dieſem Reſultat, vor Allem war es aber die Architectur der Spongioſa, auf deren Uebereinſtimmung mit den Geſetzen der Statik H. Meyer aufmerkſam gemacht, welche er ſich nur auf dem Wege der Expanſion erhalten denken konnte. — Schon Flourens [3]) hatte einen vollgültigen Beweis gegen die Expanſionstheorie gegeben, indem er den Duhamelſchen Ring durch ein unter das Periost geſchobenes Metallplättchen erſetzte. Auch dieſes ſah er zur Markhöhle wandern. Wie ſollte ein ſolches Reſultat ſich durch Knochenexpanſion erklären laſſen?

---

1) Chirg. Erfahrungen über Knochenverbiegg. und Knochenwachsth. Virchows Arch. XXIV 1862 und Interstitiell. Knochenwachsth. Centralbt. f. d. med. Wissensch. Nr. 9. 1870.

2) Berl. klin. Wochenschrft. 1868 Nr. 6 u. 7 und: Ueber d. Architectur d. Knoch. etc. Virch. Arch. L. 1870.

3) l. c.

Trotzdem unterzog ſich N. Lieberkühn[1]) und H. Maas[2]) der Mühe, die Duhamelſchen Experimente zu wiederholen. Sie kamen durchaus zu Reſultaten, die für Appoſition ſprachen und konnten zum groſsen Theil Wolff's abweichende Reſultate erklären. Was aber die Forſchungsmethode anlangt, so differiren die genannten Autoren in Bezug auf den Werth von Krappfütterungen. Lieberkühn hält die Krappfütteruug, in der Art wie ſie bisher werwandt, für die Frage von der Knochenappoſition entſchieden für beweiskräftig, während Maas darin ein einfaches Phänomen von Färbung präexistirenden Gewebes ſieht.

In ein neues Stadium trat die Lehre von der Oſteogeneſe durch bie Arbeiten C. Gegenbaur's [3]). Er giebt freilich noch eine directe Knorpel- und Bindegewebsverknöcherung ausdrücklich zu, lehrt aber, daſs das Knochengewebe im Allgemeinen entſtehe aus beſondern zelligen Elementen, die von andern Autoren ſchon beſchrieben, aber nicht richtig gewürdigt ſeien und die er «Oſteoblaſten» nennt. Sie bilden eine continuirliche dem Knorpel gerüſt, reſp. fertigen Knochengewebe auflagernde, epithelartig angeordnete Zellenſchicht. Von dieſen allein ſtamme das Knochengewebe. — Die Grundſubſtanz faſst er auf als Ausſcheidungsproduct der Zellen, während dieſe ſelbſt von jener als Knochenzelle eingeſchloſſen würde. Ihren Urſprung betreffend bleibt er bei Müller's Anſicht, welche die Markzellen von den Knorpelzellen ableitet. Er betont indeſſen, daſs eine derartige Abſtammung nicht beobachtet, ſondern nur durch Reflexion

1) zur Lehre vom Knochenwachsthum. Sitzungsbrcht. d. Marbrg. Gesellsch. 1772.

2) zur Frage über d Knochenwachsth. Lengenbeck's Arch. Bd. XIV. 1872.

3) Bildung des Knochengwbs. Jena. Zeitschr. Bd. I. u. III. 64 u. 67.

erſchloſſen ſei. — Aehnliche Elemente, aber freilich, nach ihm, andern Urſprunges, findet er als Knochenbildner bei der perioſtalen Offification in derſelben Weiſe thätig, und hat ferner einen directen Zuſammenhang beider Oſteoblaſtenſchichten beobachtet, und zwar an der Stelle, wo mit Durchbrechung der perioſtalen Knochenlamelle eine Verbindung der äuſsern mit den innern Markräumen ſtattgefunden. An den nicht präformirten Schädelknochen fand er der perioſtalen Knochenbildung analoge Verhältniſſe. — Das Knochenwachsthum ſei principiell von der erſten Knochenbildung nicht verſchieden: «Die geſammte Oberfläche, von der äuſserſten Lage an bis in die engeren eigentlichen Hav. Kanäle, findet ſich von einer Zellenlage überkleidet, welche der oben geſchilderten Oſteoblaſtenſchicht völlig entſpricht.» Er iſt ferner der Anſicht, daſs die Oſteoblaſten, ſoweit ſie nicht als Knochenzellen in die Grundſubſtanz eingeſchloſſen würden, ihre knochenbildende Function bewahrten und nicht zu einfachen Bindegewebszellen würden. Selbſt an Erwachſenen will er ſie in den weitern Hav. Kanälen noch gefunden haben.

Im Weſentlichen ſchlieſst ſich der ſoeben formulirten Oſteoblaſtentheorie W. Waldeyer[1]) an. Er hält ebenfalls an der Abſtammung der Oſteoblaſten von den Knorpelzellen feſt, differirt aber von Gegenbaur was die Ablagerung der Knochengrundſubſtanz anlangt. Nach ihm nimmt der periphere Theil der Oſteoblaſtenzelle Kalkſalze auf und geht ſo in die Grundſubſtanz auf, während der kernhaltige, centrale Theil im Knochenkörperchen perſiſtirt.

Wie ſchon erwähnt machte Gegenbaur[2]) darauf aufmerkſam, daſs die Abſtammung der Oſteoblaſten von den

1) Ueber den Ossificationsprocess. Med. Centralblatt 1865 Nr. 6 und Arch. fr. mikrsk. Anat. Bd. I.

2) l. c.

Knorpelzellen nicht beobachtet, fondern nur erfchloſsen ſei. In einer andern Publication[1]) verhält er ſich noch ſceptiſcher gegen dieſe Vorausſetzung und weiſt auf die zweite Möglichkeit hin, daſs auch die bei der endochondralen Offification thätigen Osteoblasten Abkömmlinge der Wucherungsſchicht (ſcelctogenen) des Perichondriums ſeinen und ſo der eigentliche Unterſchied zwiſchen primärer und ſecundärer Knochenbildung fortfalle.

Aehnliches deuten auch H. Frei[2]), A. Rollet[3]) und Andere an. So finden ſich mehr und mehr Hinweiſe, es könnten alle, auch die, die endochondralen Markräume erfüllenden Oſteoblaſten von der Bildungsſchicht des Perioſts ſtammen. L. Stieda[4]) gelang es nun dieſe Vermuthung als den Thatſachen entſprechend zu beweiſen. Er beſchreibt die erſte Knochenbildung am Röhrenknochen wie folgt: Das Perichondrium der fötalen Anlage eines Röhrenknochens ſpaltet ſich in eine äuſsere, bindegewebige und eine innere, zellige — die oſteogene Schicht. Aus dieſer bildet ſich die erſte perioſtale Knochenanlage als ein den Knorpel umgebender Hohlcylinder. Darauf erſcheint der eben angelegte Cylinder an einer oder zwei Stellen unterbrochen und durch die Lücken ſchiebt ſich ein gefäſshaltiger Fortſatz der oſteogenen Perioſtſchicht in den verkalkten Knorpel hinein. Dieſer Fortſatz iſt der Träger der Markzellen, aus denen die Oſteoblaſten des Markes hervorgehen. Die das Knochengewebe bildenden Oſteoblaſten ſtammen überall von dem ſelben indifferenten embryonalen Bindegewebe. «Wo einzelne Knochen knorpelig präformirt ſind, da hat der Knorpel

1) primäre u. secundäre Knochenbild. etc. Jen. Zeitsch. III. 67.
2) Histologie u. Histochemie 1870.
3) Bindesubstanz. in Strickers Gewebelehre 1871.
4) Bildung des Knochengwb. Festschr. 1872.

nur eine ſtellvertretende oder proviſoriſche Bedeutung: Das Knorpelgewebe atrophirt und an ſeine Stelle tritt das neugebildete, mit dem Knorpel in keiner genetiſcheu Beziehung ſtehende Knochengewebe.«

In derſelben Art, wie die urſprüngliche Knochenbildung, gehe auch das weitere Wachsthum' des Knochens vor ſich. Es beſtehe in Appoſitionsvorgängen unter dem Perioſt und in der Epiphyſenlinie, bedingt überall durch Oſteoblaſten gleichen Urſprunges. An der Markhöhlenwand und in den zunächſtgelegenen Maſchen des Knochengewebes finden ſich ſchon beim Neugeborenen keine Oſteoblaſten mehr, es handele ſich alſo hier nur noch um reſorptive Umgeſtaltungen. Der ausgewachſene Knochen zeige überhaupt keine Oſteoblaſten. —

Was die eben geſchilderte Knochenentwickelung anlangt, vertritt im Princip Z. J. Strelzoff [1]) und in noch höherem Grade F. Steudener [2]) dieſelben Anſchauungen.

Auf das Knochenwachsthum übergehend tritt Z. J. Strelzoff als entſchiedener Gegner der Reſorptionstheorie auf. Er hält das endochondrale Knochengewebe nicht für eine ephhemäre, der Zerſtörung geweihte Bildung. Es ſei dauernd an ſeinem characteriſtiſchen Ausſehen erkennbar. Die endochondralen Knochenbalken gehen, nach ihm, durch Verſchiebung ſucceſſive in die compacte Rinde über und fügen ſich ſo dem Knochen perioſtaler Bildung dicht an. Sei dieſer Proceſs beendet, ſo ſtelle die «ganze medulläre Innenfläche des Knochens ein groſses aplaſtiſches Gebiet dar.» Auf dieſe Weiſe entſtehe die Markhöhle des Röhren-

1) Histogenese d. Knochens. Unters. aus d. pathol. Institut zu Zürich. Eberth. Heft I 1877.

2) Beiträge zur Lehre von der Knochenentwicklg. etc. Abhandlung. der naturf. Gesellsch. zu Halle. 1875.

knochens, ohne dafs dabei von einer Reforption die Rede fei. — Er hält für die Bildnng der typifchen Knochenform, die Anordnung der Verkalkungspunkte für wichtig. Der Verkalkungspunkt fei als Centrum anzufehen, um welches fich die Knochenbalken in gewiffer Ordnung gruppiren und nach gewiffer Richtung wachfen. Die Multiplicität folcher Syfteme und ihre felbftändige Entwickelung bedinge die Formgeftaltung des aus ihrer Vereinigung entftandenen Knochenindividuums. Als zweites Hauptmoment käme hierbei die Ungleichmäfsigkeit des Wachsthumes, refp. vollftändige Aplafie an gewiffen Partien des Knochens in Betracht.

Kurze Zeit nach L. Stieda's Publication erfchien eine andere, welche den zweiten bisher mehr präfumirten, als bewiefenen Factor des Knochenwachsthumes durch Juxtapofition, die Reforption, durch exacte Forfchung in helles Licht fetzte. Es ift die Arbeit Köllike r's[1]). Auch er hält die Ofteoblaften als Product der innerften Periofttfchicht aufrecht und befchreibt das erfte Auftreten der Offification wie wir es bei Stieda angeführt. Er lehrt uns aber aus feinen Forfchungen die ausgedehnte Verbreitung der Reorption, fowohl der inneren als namentlich der äufseren, kennen und zeigt, dafs die fchon von anderen Forfchern[2]) befchriebenen Myeloplaxen die dabei thätigen Organe find. Wegen diefer ihrer Function nennt er fie «Oftoklaften» und befchreibt fie als grofse vielkernige Zellen wechfelnder Form, eingebettet in Howshipfchen Lacunen, welch letztere er als Product ihrer reforbirenden Thätigkeit auffafst. — Was den Urfprung der Riefenzellen anlangt, fo will er fich darüber noch nicht mit Beftimmtheit äufsern, glaubt aber, da er

1) Die normale Resorption des Knochengewebes 1873.
2) Robin, Virchow.

Uebergangsformen beobachtet, die Oſtoklaſten aus Oſteoblaſten durch Vergröſserung des Zellenkörpers und Kernvermehrung ableiten zu dürfen. Zu dieſer Verwandlung dürfte der von den Weichtheilen auf die Oſteoblaſten ausgeübte Druck den Anſtoſs geben. Ebenſo hält er es für wahrſcheinlich, daſs, bei Umbildung einer Reſorptions- in eine Appoſitionsfläche, die Oſtoklaſten entweder zu Grunde gehen, oder ſich wieder in Oſteoblaſten zurückverwandeln.

G. Wegner, hatte in einer früheren Arbeit[1]) gezeigt, daſs man in der Fütterung mit Phosphor, ähnlich wie in der mit Krapp, ein Mittel habe, neugebildete von alter Knochenſubſtanz zu unterſcheiden, indem erſtere dichter, ſclerofirt erſcheine, im Vergleich zu letzterer. Er tritt bald nach Kölliker mit ähnlichen Reſultaten wie dieſer an die Oeffentlichkeit[2]) und betont, daſs die Vertreter der Expanſionstheorie niemals ein interſtitielles Knochenwachsthum ſtrict bewieſen, oder, wo ſie es verſucht, widerlegt worden ſeien, ſondern, daſs die Expanſion des Knochengewebes nur als zur Erklärung der Formgeſtaltungsverhältniſſe nothwendige Vorausſetzung adoptirt worden ſei, weil die betreffenden Forſcher ſich von der Exiſtenz von Reſorptionsvorgängen nicht hätten überzeugen können. Nun ſei aber dieſe Aufzehrung des Knochengewebes direct mikroskopiſch demonſtrirbar, als zuſtandekommend durch Thätigkeit von vielkernigen Rieſenzellen, für die er die alte Bezeichnung Myeloplaxen beibehält und die Köllicker als Oſtoklaſten beſchrieben. Dieſe Gebilde, die er, abweichend von Kölliker, als von Zellen der Gefäſswand ſtammend anſieht, finden ſich eben

---

1) Einfluss des Phosphors auf d. Organismus. Virchow's Arch. Bd. LV.

2) normales u. pathol. Wachsth. der Röhrenknochen. Virch. Arch. LXI. 1874.

überall, wo ſich Knochenreſorption nachweiſen laſſe. — Er wiederholt und variirt vielfach die alten Experimente, die bald zum Beweiſe der Expanſion, bald der Appoſition benutzt worden, ihm aber immer nur für letztere ſprechen. Auch gelingt es ihm zu beweiſen, daſs durch pathologiſche Zufälle oder ſonſtiges Miſsglücken der Verſuche ein andersartiger Vorgang leicht vorgetäuſcht werden könnte. — König [1]) ſieht ebenfalls in der Rieſenzelle, die er in enge Beziehung zu den Gefäſsen zu bringen geneigt iſt, das Organ der pathologiſchen wie der phyſiologiſchen Reſorption.

Schon zehn Jahre früher war C. Lovén [2]) über den Vorgang der Knochenentwickelung und des Knochenwachsthums zu, den letztangeführten, ganz ähnlichen Anſchauungen gekommen. Seine Forſchungen wurden aber leider erſt ſpät in weiteren Kreiſen bekannt, hatten alſo bis dahin keinen Einfluſs auf die Entwickelung der Lehre von der Oſteogeneſe. 1873 erſchien der Theil ſeiner Arbeit, der die Knochenreſorption behandelt in deutſcher Ueberſetzung [3]) während über den entwickelungsgeſchichtlichen Theil L. Stieda [4]) ausführlich referirte. Lovén konnte an der Hand des Mikroskops die von Brullé und Hugueny durch Krappfütterung gewonnenen Reſultate durchaus beſtätigen, und verfolgte namentlich die äuſsere Reſorption in ausgedehnterem Maſse als Jene. Was die fötale Offification anlangt, ſo vertrat er ſchon damals den Standpunkt, daſs das Knorpelgewebe zu Grunde gehe und dem, von der perioſta-

1) Vorgang der rareficirenden Ostitis. Deutsche Zeitschr. f. Chrg. II. 1873.

2) Studien und Untersuchungen über das Knochengewebe etc. Medicinsk Arch. Bd. 1. Stokholm. 1863.

3) Ueber d. physiolg. Knochenresorpt. Würzburg. Verhandl. IV.

4) Studien üb. d. Entwk. d. Knoch. etc. Arch. f. mikrs. Anat. XI. 1875.

len Blaſtemſchicht ſtammenden Markgewebe Platz mache, aus welch letzterem der intercartilaginös gebildete Knochen hervorgehe. — Jn derſelben Publication acceptirt L. Stieda in vollem Maſse Kölliker's Lehre von den Oſtoklaſten und kommt auch aus eignen Unterſuchungen zu dem Schluſs, daſs ſie theils aus Oſteoblaſten, theils wenigſtens aus dem gleichen Bildungsmaterial hervorgehen.

V. v. Ebner ſpricht ſich auf Grund ſeiner Unterſuchungen «über den feineren Bau der Knochenſubſtanz» [1]), die ihn zum Reſultat brachten, daſs die Knochengrundſubſtanz aus leimgebenden Fibrillen beſtehe, verbunden durch eine ſtarre, die Kalkſalze führende Kittſubſtanz — Ebner alſo ſpricht ſich dahin aus, daſs typiſche Knochengewebsformen nur aus beſtimmten Bildungszellen (Oſteoblaſten) entſtehen könnten, durch Metaplaſie aber anderer, ausgebildeter Gewebe der Bindeſubſtanzgruppe niemals. Ebenſo beweiſe das Studium der die Fibrillenſyſteme verbindenden Kittlinien auf's Klarſte, daſs im Lauf des Wachsthum's innen und auſsen am Knochen gewiſſe Partien des Gewebes zerſtört werden. Eine Interpoſition von Gewebselementen ſei nicht möglich.

Ebenſo ſtützt G. Schwalbe [2]) die Appoſitionstheorie durch ſeine Beobachtungen über Veränderungen in der Form und Richtung, die die Ernährungskanäle der Knochen im Lauf des Wachsthums erleiden. Hier und in einer ſpäteren Mittheilung [3]) unterwirft er die von Wolff, Strelzoff und Gudden zur Sicherſtellung der Theorie des expanſiven

1) Sitzgsbr. der Wiener Acad. Matem-naturw. Clss. Bd. LXXII Abth. III 7. 1875.

2) Ueber die Ernährungskanäle des Knochens u. d. Knochenwachsthum. Zeitschr. f. Anatom. Bd. I.

3) über die Guddenschen Markirversuche etc. Sitzungsbr. der Jenasch. Gesellschaft f. Medc. u. Naturwissensch. 1878

Knochenwachsthums aufgeführten Beobachtungen einer eingehenden Kritik und zeigt, wie ſich auch die von jenen Forſchern angeführten Thatſachen auf's Präciſeſte durch Appoſitions und Reſorptionsvorgänge erklären laſſen.

Eine weitere Unterſtützung fand die Juxtapoſitionstheorie ſowie auch die Methode der Krappfütterung durch N. Lieberkühn und Bermann[1]). Gegen Maas' Behauptung, man könne in drei Tagen die Knochen wachſender Hühner in allen Schichten roth färben,' führen ſie an, daſs Das für den mikroskopiſchen Befund freilich richtig ſei, unter dem Mikroſkop aber unterſcheide man rothe Ringe neben ungefärbter Subſtanz. Treffe man auch (wie Maas betonte) bei unausgeſetzter Fütterung auf ungefärbte Partien, ſo ſeien das eben ſolche, an denen Appoſitionsſtillſtand oder gar Reſorption ſtattgefunden. Die von Verff. am wachſenden Knochen nachgewieſene Appoſition und Reſorption ſchlieſse freilich die Möglichkeit eines expanſiven Wachsthums noch nicht aus, hierfür laſſe ſich aber kein unwiderlegbarer Beweis anführen, und es ſpreche noch direct dagegen, die durch Meſſung auch nach langer Fütterungspauſe demonſtrirbar unveränderliche Gröſse der Durchmeſſer der Krappmäntel.

Doch die von Stieda nachgewieſene Abſtammung der Oſteoblaſten ſtöſst noch auf mehrfachen Widerſpruch. So hält L. Ranvier[2]) die Frage noch nicht für erledigt. Er neigt mehr zur Müller'ſchen Anſchauung, die die Bildungszellen des fötalen Markes für Abkömmlinge der aus ihren Höhlen befreiten Knorpelzellen hält. Trotzdem aber will er einen einheitlichen Urſprung der Oſteoblaſten nicht aufgeben, denn es ſcheint ihm wahrſchein-

1) Ueber Resorption von Knochensubstanz. Abhndl. d. Senkenb. Naturf. Gesellsch. Bd. XI. 1877.

2) Traité technique d'histologie 1877.

lich, dafs auch die unter dem Periofl gelegenen vom Knorpel ftammen. Zu diefer Anfchauung brachte ihn die Beobachtung, dafs die Fafern des, die erfte Knochenlamelle deckenden Periofles mit der Knorpelanlage in Continuität ftehen.

Ebenfo deutet H. Maas [1]) das bekannte Bild der Offification des präformirten Knochens nicht im Sinne des periofialen Urfprunges auch der endochondralen Ofteoblaften, fondern er fchliefst fich ebenfalls der Anfchauung Müller's an. Beim Wachsthum des Knochens handele es fich nun um periofiale und endochondrale Appofition mit gleichzeitiger Reforption von Knochenfubftanz wie fie Kölliker lehrt. Wenn der Knorpel, die einzige Matrix endochondralen Knochengewebes, verfchwunden fei, höre folgerichtig jede endochondrale Knochenbildung auf. — Mit Entfchiedenheit wendet er fich alfo gegen die Anficht, das Markgewebe könne beim Wachsthum oder der Regeneration des Knochengewebes irgendwie thätig fein. — Nach Verfchwinden der letzten Refte des präformirenden Knorpels fei das Periofl das einzige bei der Regeneration von Knochenfubftanz thätige Gewebe, das durch kein anderes Material erfetzt oder vertreten werden könne.

«Die Callusbildung», fagt Maas [2]) «ftellt alfo an den Röhrenknochen genau diejenigen Vorgänge dar, welche wir bei der Bildung des endoftalen oder endochondralen Knochens bereits kennen gelernt haben: Das Periofl liefert durch maffenhafte Auswanderung weifser Blutkörperchen aus feinen Gefäfsen einen aus hyalinem Knorpel beftehenden Callus,

---

1) Ueber d. Wachsth. u. d. Regenrt. d. Röhrenkn. mit besonderer Berücksichtigung der Callusbildung 1876 Langenbck. Archv. Bd. XX. 1877.

2) l. c. pg. 761.

der durch die eintretenden Gefäfse in ſpongiöſes Knochengewebe umgewandelt wird. Von dieſem Gewebe wird ein groſser Theil, der nicht phyſiologiſchen Zwecken dient, theils in der Markhöhle, theils an äuſseren, ſich bildenden Reſorptionsflächen aufgefogen, während die rückbleibenden Theile durch allmählige Anlagerung neuer concentriſcher Knochenlamellen in den Markräumen ſich in compacte Knochenſubſtanz umwandeln.»

Im alten Knochengewebe und vom Marke aus, das ſich in die embryonale, rothe Modification verwandelt, finden nur Reſorptionsvorgänge ſtatt.

Schon vor Veröffentlichung der Maas'ſchen Erfahrungen hatte A. Bidder[1]) die Offificationsfähigkeit des Markgewebes betreffende Reſultate mitgetheilt, auf die er bei ſeinen Diaphyſennagelungen mit Elfenbeinſtiften geſtoſsen. Er hatte den Elfenbeinſtift von dem Caliber gewählt, daſs er das Bohrloch, in das er getrieben wurde, genau ausfüllte. Das Reſultat war »bedeutende Auflagerungen einer Knochenſubſtanz vom Periost und vom Markraum her an die Knochenrinde, — während die urſprüngliche Knochenmaſſe eine ſeitliche Erweiterung der Haversſchen Kanäle erfährt.« Die intramedullär neugebildete Knochenmaſſe trat aber nicht nur bis an den Elfenbeinſtift dicht heran, ſondern bildete ſich auch in die bei dieſem Proceſs bekanntlich im Elfenbein auftretenden Lacunen hinein und lagerte ſich hier in ähnlichen halbmondförmigen Schichten ab, wie der endochondrale Knochen bei der phyſiologiſchen Offification. — Geſtützt auf dieſe Thatſachen tritt Bidder für die Offificationsfähigkeit des entzündeten Knochenmarks ein. —

---

1) Ueber krankh. Längenwachsthum der Röhrenknochen. Lbk. Arch. XVIII. 1875.

In mehren Publicationen theilt F. Buſch[1]) ſeine Erfahrungen über die Knochenregeneration mit. Die Fähigkeit, wie in der phyſiologiſchen Entwickelung, ſo auch unter pathologiſchen Verhältniſsen in allen Lebensperioden Knochengewebe zu produciren, ſchreibt er dem Perioſt und Markgewebe als Träger von Oſteoblaſten zu. Von Gegenbaur und Waldeyer ſei in den weiteren Haversſchen Kanälen auch des erwachſenen Knochens eine Zellenauskleidung der Kanalwand nachgewieſen, die die genannten Forſcher für Oſteoblaſten halten. Falls ſie nur hier perſiſtirten, ſo verbreiteten ſie ſich offenbar auf Veranlaſſung des Entzündungsreizes von hier auf das Perioſt und Mark. Er neigt aber mehr zu der Anſicht, daſs ſie in beiden Geweben ſelbſt perſiſtirten, nur ſei es bisher nicht möglich den Beweis zu führen, weil bei eingeſtellter knochenbildender Function eben das Kriterium für den Charakter der Zelle als Oſteoblaſt, der Uebergang in Knochengewebe fortfalle. Durch mehrfach modificirte Experimente, die die Möglichkeit eines Ueberwucherns der Perioſtoſteoblaſten auf die Markhöhle auszuſchlieſsen geeignet ſchienen, hält er für conſtatirt, daſs das entzündete Mark ſelbſt Knochengewebe producire.

Den, dem entzündeten Knochengewebe benachbarten Weichtheilen räumt er dagegen dieſe Fähigkeit nicht ein, was ja auch nach den heutigen Anſchauungen über die Function der Oſteoblaſten nicht möglich ſei. — Was die, in perioſtalen Wucherungen häufig beobachteten Knorpel-

1) 1. Experimentelle Unters. über Ostitis u. Necrose. Lubcks. Arch. Bd. XX. 1877. 2. Knochenbld. u. Resorpt. beim wachsenden u. entzdt. Knochen. Lngbcks. Arch. Bd. XXI. 1877. 3. Ueber d. Necrose d. Knochen Lngbcks. Arch. Bd. XXII. 1878. 4. Osteoblastentheor. auf norml. u. pathlg. Gebiet. Deut. Zeitschr. f. Chirg. Bd. X. 1878. 5. Beitrag zur Lehre von d experimentellen Ostitis. Lngbcks. Arch. Bd. XXIV. 1879.

Inſeln anlangt, -- die übrigens in endoſtalen Oſſificationsproducten nie gefunden würden, — ſo ſchlieſst er ſich Virchow und Ollier an, die ſie auf eine intenſivere Reizung des oſſificirenden Gewebes zurückführen. Er kann aber dieſen nicht mit gewöhnlichem Hyalinknorpel identificiren und giebt für ihn, als aus beſonders lebhafter Thätigkeit von Oſteoblaſten entſtanden, den directen Uebergang in Knochengewebe durch Metaplaſie zu. — Auch ſuchte Buſch[1]) die Beweisfähigkeit der Krappfärbung für die Knochenwachsthumsfrage zu prüfen. Er experimentirte nur an pathologiſchen Knochenbildungen, bei denen er Knochengewebe neuer Bildung vom präexiſtirenden ſicher zu unterſcheiden wuſste. Hier konnte er nachweiſen, daſs nur neugebildetes Knochengewebe gefärbt erſchien, während das alte unverändert blieb.

Daſs andrerſeits nur mit Verſchwinden der Knochenmoleküle ſelbſt, auch der abgelagerte Farbſtoff weiche, hätten ihrerzeit Philippeaux und Wulpian[2]) nachgewieſen.

C. Hüter[3]) tritt gleichfalls für Oſſificationsfähigkeit des Markgewebes ein. Er hält die Callusbildung für eine traumatiſch angeregte, nicht entzündliche Hyperplaſie. Der Knochen erleide durch das Trauma einen Rückfall in ſeine jugendlichen Verhältniſſe unter denen Perioſt und Mark Knochen bilden. Aber bei erhöhter mechaniſcher Reizung könne auch Sehnengewebe, interſtitielles Bindegewebe des Muskels und Synovialgewebe ſich an der Knochenbildung in der Umgebung der Fractur ſelbſtändig betheiligen.

1) Ueber d. Werth d. Krappfütterung etc. Langbeck. Archiv XXII. 1878.

2) Note sur le mode d'accroissem. des os. Achv. de physiolog. par Brown — Séquard III.

3) Grundriss d. Chirg. Bd. I. 1880.

Die Theorie der metaplaſtiſchen Entſtehung von Knochengewebe aus dem präformirenden Knorpel, hat ihren neuſten Vertheidiger gefunden in Kaſſowitz [1]). «Den ganzen Inhalt der Knorpelkanäle, die Blutgefäſse mitbegriffen,» ſieht Kaſſowitz als «durch Umwandelung des Knorpels gebildet» an. Der nicht in Mark verwandelte Theil des Knorpels gehe direct in Knochengewebe über. Dabei läſst er die Vascularisation des Knorpels eine groſse Rolle ſpielen, indem Gefäſsbildung den Knorpel in Markgewebe umwandele, Stillſtand derſelben aber und Involution der Gefäſse Offification in der Umgebung zur Folge habe.

Auch die Einſchmelzung des Knochens bringt K. mit Vascularisationsverhältniſſen in Zuſammenhang und läſst einen intenſiveren Plasmaſtrom in ſeinem Gebiete den Knochen ſeiner Kalkſalze berauben. Somit hält er die in den Howſhipſchen Lacunen anzutreffenden Rieſenzellen nicht für Organe, ſondern Producte der Reſorption.

Was das Auftreten von perſiſtirendem Knorpelgewebe im Bereich der Knochen des Skelets betrifft, ſo führt er dieſe Erſcheinung, wie ſchon früher von andern Forſchern erwähnt, auf ſtärkere Reizung an der betreffenden Stelle zurück. Als Beleg dafür führt er an: Die Knorpelüberzüge an den Gelenkflächen, die bei längerer Ruhe des Gliedes ſchwinden, — ebenſo an Pſeudarthroſen, Knorpelinſeln im äuſsern Callus, die im inneren nie auftreten.

Wieviel Anklang dieſe mit groſser Conſequenz und Sorgfalt durchgeführte Theorie der Oſteogeneſe finden wird, bleibt der Zukunft überlaſſen.

1) die normale Ossification 1881.

Um von einer feſten Baſis für die nun folgenden Unterſuchungen über die Betheiligung der einzelnen Gewebe an der Regeneration der Knochenſubſtanz auszugehen, kann ich wol heute, ohne auf Widerſpruch zu ſtoſsen, den Satz hinſtellen, daſs Knochengewebe aus Oſteoblaſten, indifferenten embryonalen Bildungszellen entſtehe. — Es ſind durch dieſe Vorausſetzung die phyſiologiſch nicht Oſteoblaſten führenden Gewebe, die ihrer Zeit vielfach mit in den Kreis der Discuſſion gezogen wurden, wie das Knochengewebe ſelbſt, das benachbarte Bindegewebe oder gar das Blutextravaſat, von vorn herein ausgeſchloſſen. Es bleiben ſomit nur Perioſt und Knochenmark als Knochenbildner übrig. Dieſen Geweben verdankt der Knochen ſeine embryonale Entwickelung und ſein ſpäteres Wachsthum.

Was den uns ſpeciell beſchäftigenden Röhrenknochen anlangt, ſo wiſſen wir, daſs er ſich auf knorpeliger Grundlage entwickelt. Es handelt ſich dabei um perichondrale (perioſtale) und endochondrale (intramedulläre) Ablagerung von Knochengewebe auf den präformirenden Knorpel, welcher ſelbſt gleichzeitig mehr und mehr ſchwindet. Die knochenbildenden Elemente, die vorerwähnten Oſteoblaſten, werden von der von ihnen gelieferten Grundſubſtanz als Knochenkörperchen eingeſchloſſen.

Mit dieſer Knochenanbildung combinirt ſich Reſorption des angelegten Knochengewebes. Als dabei thätiges Organ hat ſich die vielkernige Rieſenzelle (Myeloplaxe, Oſtoklast) faſt allgemeine Anerkennung verſchafft.

Von der phyſiologiſchen Oſteogeneſe nun iſt im Princip die pathologiſche (Regeneration und Hyperplasie) nicht verſchieden. Durch den Entzündungsreiz (das Trauma der Fractur mitbegriffen) werden die Oſteoblaſten zu einer das phyſiologiſche Maſs überſchreitenden knochenbildenden Thätigkeit angeregt — es bildet ſich an die alte Knochenſubſtanz neue.

Verfolgen wir das postembryonale Wachsthum des Röhrenknochens, ſo finden wir im jugendlichen Alter ſubperioſtale und intramedulläre Appoſition und gleichzeitige Reſorption von Knochenſubſtanz wieder. — Je weiter aber das Wachsthum fortſchreitet, um ſo mehr nimmt die Neubildung von Knochenſubſtanz an Umfang ab. Mit dieſem Erlöſchen der Wachsthumsphänomene werden die Oſteoblaſten ſeltener angetroffen, ſie haben ihre Aufgabe erfüllt, Knochengrundſubſtanz gebildet, von der ſie ſelbſt eingeſchloſſen als Knochenzellen ihre Thätigkeit einſtellen.

Auf die Frage, wie lange und wo Oſteoblaſten am postembryonalen Knochen perſiſtiren, finden wir nur wenig Antwort von anatomiſcher Seite. Gegenbaur [1]) will noch im erwachſenen Knochen an den Wänden weiterer Havers'ſcher Kanäle einen epithelartigen Osteoblastenbeleg gefunden haben. Stieda [2]) dagegen kann ſie ſchon beim Neugeborenen an der Markhöhlenwand und in den ihr zunächstgelegenen Gefäſsräumen nicht mehr nachweisen. Die Markräume ſind hier zu Havers'schen Kanälen verengt. Dagegen ſei die Oſteoblaſtenſchicht unter dem Perioſt und in den ihm benachbarten Maſchen des Knochengewebes noch eine vollſtändige. Bei Jndividuen, die keine Gröſsenzunahme mehr erleiden, fehle die ſubperioſtale Schicht ebenfalls. Ferner

1) Bildung des Knochengewebes. Jenaische Ztschr. 1 u. 3.
2) Bildung d. Knochengewb. Festschrift. 1872.

führt Stieda die Appoſition in der Epiphyſenlinie auf Oſteoblaſten beherbergendes Markgewebe zurück, das, den Knorpel verdrängend, an ſeine Stelle Knochen bildet.

Stieda's Angaben im Uebrigen acceptirend, habe ich in einem Punkte von abweichendem Befunde zu referiren. Bei der Unterſuchung einer Kaninchentibia von drei Monaten fand ich Oſteoblaſten an der Markhöhlenwand, namentlich zum epiphyſären Ende der Diaphyſe hin, wo ſie eine ziemlich continuirliche Schicht bildeten.

Es iſt alſo klar, daſs in einer gewiſſen Lebensperiode nur ſehr ſpärlich oder garnicht mehr Oſteoblaſten nachgewieſen werden können. Und doch iſt es eine alltägliche Erfahrung, daſs auf einen pathologiſchen Reiz hin der älteſte Knochen an Volumen zunehmen oder im gegebenen Falle einen Defect erſetzen kann. — Der anatomiſche Ausweis über das Vorkommen von Oſteoblaſten am normalen Knochen genügt alſo nicht zur Beantwortung der Frage nach der Betheiligung der einzelnen Gewebe an der Knochenregeneration. Es bleibt auch für dieſes Gebiet der Pathologie das Thierexperiment die einzig zur Klarſtellung führende Methode.

Es war namentlich Ollier [1]), der ſich beſtrebte, die pathologiſche Offificationsfähigkeit jedes der in Frage kommenden Gewebe für ſich zu unterſuchen und es iſt dann auch ſpäter von den Autoren dieſer Weg weiter verfolgt worden. — Im Folgenden ſoll nun verſucht werden, die Reſultate der verſchiedenen Experimente zuſammenzuſtellen und aus ihrer Vergleichung die möglich erſcheinenden Schlüſſe zu ziehen.

Daſs das Periоſt Organ der Offification iſt, iſt wol ſo allgemein anerkannt, daſs es überflüſſig wäre, ſich des

1) Traité experiment. etc. 1867.

Weiteren hierüber auszulaſſen. Nur darauf ſei kurz hingewieſen, daſs der einzig unumſtöſsliche und vollgültige Beweis dafür durch Ollier [1]) erbracht iſt. Es gelang dieſem Forſcher im transplantirten Periost, das alſo auſser Connex gebracht war von allen anderen Geweben, die noch in Frage kommen könnten, Bildung echten Knochengewebes nachzuweiſen. Und daſs es ſpeciell die zellige Innenſchicht des jugendlichen Periostes iſt, die Ollier in Folge deſſen als oſteogene bezeichnete, hat er ebenſo klargelegt durch iſolirte Transplantation dieſer ſowohl, als auch der fibrillär-bindegewebigen Auſsenſchicht der Beinhaut. Aber auch mit dem Periost erwachſener Knochen gelingt das Experiment.

Das jugendliche Periost producirt alſo Knochengewebe vermittels ſeiner zelligen, Oſteoblaſten führenden, dem Knochen anliegenden Schicht. — Dieſe oſteogenen Eigenſchaften bewahrt ſich das Periost im erwachſenen Individuum, und zwar muſs ihm die Fähigkeit zugeſchrieben werden, die oſteogene Schicht aus ſich ſelbſt zu reproduciren.

Wenn Buſch die Schicht aus einer Wucherung der von Gegenbaur [2]) als Auskleidung der Hav. Kanäle erwachſener Knochen beſchriebenen Oſteoblaſtenlage herleiten will, ſo wäre dagegen zweierlei einzuwenden. Erſtens iſt die Oſteoblaſtennatur der betreffenden Zellen durch ſpätere Forſchungen, namentlich die Schwalbe's [3]), der ſie als Endothel perivasculärer Lymphräume auffaſst, mehr als zweifelhaft geworden, — und zweitens iſt nicht einzuſehen, wie das vollkommen intacte, vorher nicht gereizte Periost erwachſener Knochen in der Transplantation Knochengewebe

1) l. c.

2) l. c.

3) Ueber die Lymphwege des Knochens. Zeitschrft. f. Anat. u. Entwcklgsgscht. Bd. II, 1877.

liefern ſoll, wenn nicht die Quelle deſſelben im Periоſt ſelbſt zu ſuchen wäre.

Es kann ſomit nicht zweifelhaft erſcheinen, daſs das Periоſt ſelbſt die Fähigkeit beſitzt und ſich erhält Knochengewebe zu produciren.

Was nun das Markgewebe, als den zweiten für die Regeneration des Röhrenknochens in Frage kommenden Factor anlangt, ſo liegt hier die Sache noch nicht ſo klar wie beim Periоſt.

Die wichtigſten hierher bezüglichen Unterſuchungen der Forſcher ſtelle ich zuſammen, meine eigenen Experimente an geeigneter Stelle anreihend.

Es laſsen ſich die einſchlägigen Experimente in drei Gruppen trennen. Einmal ſolche, die durch einen offenen Defect in der Corticalis freie Communication zwiſchen Periоſt und Markgewebe ſchaffen; als zweite Gruppe dann das Verfahren, bei welchem entweder die operative Knochenwunde feſt verſchloſsen wurde oder garnicht exiſtirte; als dritte und letzte Gruppe Transplantationen von Markgewebe.

Gegen die Reſultate der erſten Reihe von Experimenten, mit der offenen Reſectionswunde reſp. Bohrloch am Knochen, iſt von Maas [1]) ein Einwurf gemacht worden, der von keiner Seite hat zurückgewieſen werden können; es iſt hier nicht möglich mit Beſtimmtheit den Eintritt von Periоſtwucherungen in die Markhöhle auszuſchlieſsen. Aus dieſem Grunde als nicht beweiſend ſind alſo die von Ollier und Buſch namentlich, aber auch von Maas ſelbſt und Anderen angeſtellten Verſuche auszuſchlieſsen, in denen durch eine weitere Reſectionsöffnung oder durch ein, reſp. zwei Bohrlöcher hindurch das Markgewebe durch

1) Wachsthum u. Regenerat. etc. Langbck. Arch. XX.

Galvanocauſtik, durch einen mechaniſch oder ſeptiſch wirkenden Fremdkörper gereizt, oder aber durch Sondiren, Auslöffeln, Ausſpritzen zertrümmert wurde. Auch am Amputationsſtumpf zu beobachtende Knochenbildung in der Markhöhle, mag nun das Markgewebe von der Knochenwand iſolirt ſein, wie in Ollier's Experiment [1]), oder nicht, iſt vom ſelben Geſichtspunkte anzuſehen.

In der Abſicht, mich an Maas' ſpäter zu berührende Experimente anſchlieſsend, das Verhalten gereizten Markgewebes bei feſtem Abſchluſse gegen die perioſtale Knochenoberfläche zu beobachten, führte ich eine Reihe von Operationen aus. Meinen Zweck erreichte ich nicht: der intendirte Abſchluſs gelang in keinem Falle vollſtändig. — Wenn ich nun aber dennoch die Verſuche ausführlich beſchreibe, ſo thue ich es eben nicht in der Meinung, damit etwas für die Offificationsfähigkeit des Markgewebes zu beweiſen, — ich referire nur deshalb über dieſelben, weil mich die Unterſuchung von ihnen ſtammender Präparate zu Schluſsfolgerungen über den möglichen Urſprung intramedullärer Knochenneubildung geführt.

I. Versuch (Nr. 1.) [2])

1. Februar. Halberwachſene Katze. An der medialen Seite der linken Tibia im mittleren Drittheil wird durch

1) l. c.

2) Bei meinen Verſuchen wurde die Narcose zum Theil durch intravenöse Injection (Ven. jugul.) einer 2% Chlorallosung zum Theil durch Chloroform — Inhalation erreicht. — Um möglichſt aſeptiſch zu verfahren, wurden Katzen und Kaninchen an der Operationsſtelle geſchoren und raſirt, Hühnern die Federn kurz abgeſchnitten. Darauf Waſchung mit 3% Carbolwaſſer. Inſtrumente und zur Verwendung kommende Fremdkörper wurden, wo es möglich war, zur Desinfection geglüht und in 5% Carbolwaſſer eingelegt.

einen Refectionsſchnitt der Knochen freigelegt. Das Periost wird in einer Ausdehnung von etwa 1, 5 u. 0, 5 cm. abgeſchabt und mit dem Drillbohrer zwei bis zur Markhöhle dringende Löcher auf 1 cm. Diſtance in die Corticalis gebohrt. Nachdem die die Löcher trennende Knochenbrücke mit ſcharfer Zange fortgekniffen, wird durch Sondiren das Markgewebe zerſtört, die Trümmer ausgelöffelt. Die Blutung iſt recht bedeutend. In die ausgeleerte Markhöhle wird weicher Bleidraht eingebracht und darauf der Subſtanzverluſt in der Knochenwand geſchloſſen durch mehrfach zuſammengefaltetes Stanniolpapier, deſſen Ränder unter das intact gebliebene Periost geſchoben werden. Die Wunde wird mit Catgutſuturen in Form von Handſchuhnaht mit darüber hinlaufender Kürſchnernaht geſchloſſen. Kein Verband.

An dem rechten Unterſchenkel werden die linkerſeits ausgelöffelten Markmaſſen ſubfascial in die Gegend der Achillesſehne durch einen kleinen Hautſchnitt implantirt. Naht etc. wie links.

Nachdem an beiden Wunden Eiterung eingetreten, krepirt das Thier am 5. Febr. — Bei der Autopſie erſcheint die linke Tibia in der Umgebung des Trauma kaum merklich verdickt, die Markhöhle und Refectionsöffnung iſt mit zartem, markartigem Gewebe erfüllt. — Am rechten Unterſchenkel, wo das Markgewebe implantirt war, iſt nichts mehr zu finden.

Mikroſkopiſcher Befund:[1]) Die geſunde Tibia zeigt noch eine Epiphyſenlinie von 0,4 mm. und eine ſubperioſtale Oſteoblaſtenſchicht. An der operirten Seite iſt das Periost in der Umgebung der Refectionsöffnung

1) Zur mikroskopischen Untersuchung wurden die Objecte theils in überschüssiger Pikrinsäurelösung, theils in ½—5 % Salzsäure mit Zusatz von 1 % Chromsäure entkalkt, in Alkohol entsäuert, und mit Carmin oder Eosinsäure gefärbt

verdickt, und zwar feine innere, zellige (Oſteoblaſten-) Schicht gewuchert. Die Knochenoberfläche iſt uneben, mit ſcharfrandigen Gruben (Howshipſchen Lacunen) beſetzt, dieſe hie und da eine vielkernige Rieſenzelle (Myeloplaxe sv. Oſtoklaſt) enthaltend. — Die Compacta ſelbſt iſt rareficirt, die Hav. Kanäle erweitert, mit der perioſtalen und medullären Oberfläche ſtellweiſe communicirend. Die Contouren der Kanäle ſind meiſt eben, nur ſelten trifft man auf Lacunen. Erfüllt ſind die Gefäſskanäle mit, dem ſubperioſtalen ähnlichem, zellenreichem Gewebe. — Wie letztere verhält ſich auch die centrale Markhöhle: Reſorptionsgruben und kleinzellige Wucherung an der Wand. Das Markgewebe hat ſich zum Theil den Charakter des gelben, fettreichen erhalten, zum Theil, und zwar in der Reſectionswunde und deren nächſter Umgebung, ſtellt es die embryonal-zellige Modification dar. Auſserdem finden ſich verſtreut ſcharfrandige Knochenſplitter. Deutliche Zeichen ſtattgehabter Knochenneubildung ſind nirgend anzutreffen.

II. Versuch (Nr. 8.)

21. Febr. Ausgewachſener, kräftiger Kater. Von zwei kleineren Schnitten an der medialen Fläche der linken Tibia aus werden, nach Entfernung des Perioſtes zwei Bohrlöcher auf etwa 3 cm. Diſtance angelegt. Die Markſubſtanz wird möglichſt in der ganzen Ausdehnung des Tubus medullaris durch Sondiren zertrümmert und, bis zum klaren Auslaufen, 3 % Carbolwaſſer durch die Bohrlöcher durchgeſpritzt. Die Bohrlöcher werden mit Pfropfen aus zuſammengedrehtem Stanniolpapier verſchloſſen. Keine Suturen. Verband mit Werch und carboliſirten Gazebinden.

Das Thier, das der Chloralnarcoſe faſt erlegen wäre,

iſt in den nächſten Tagen elend, appetitlos und krepirt ſchon am 24. Febr. bei eben eintretender Eiterung.

Die Autopſie ergiebt kaum merkliche Perioſtverdickung, die auch die Bohrlöcher erreicht. In beiden ſtecken die Stanniolpfropfen ziemlich feſt drin. Auf dem Durchſchnitt zeigen ſich Lücken in der Markſubſtanz.

Mikroſkopiſcher Befund: Schon in einiger Entfernung von jedem Bohrloch bemerkt man eine Verdickung des Perioſtes, deſſen Structur ſich in eine äuſsere, bindegewebige und innere zellige Schicht ſcheidet. Näher den Bohrlöchern erſcheinen die Havers'ſchen Kanäle meiſt nur wenig erweitert, ihre Wand mit kleinen Rundzellen bekleidet. An der Medullaroberfläche der Corticalis findet ſich eine den eben geſchilderten ähnliche Schicht erſt in nächſter Umgebung der Bohrlöcher, welche ſelbſt dieſelbe Auskleidung zeigen, und ſo eine Verbindung zwiſchen der ſubperioſtalen und intramedullären Wucherung darſtellen. Keinerlei Knochenneubildung. (Die zelligen Elemente im Präparat haben durch zu concentrirte Entkalkungsflüſſigkeit gelitten.)

III. Verſuch (Nr. 4.)

6. Febr. Halberwachſener Kater. Die Operation iſt der eben (sub II.) beſchriebenen genau entſprechend; nur wurden hier wie bei I. die Bohrlöcher mit Stanniolplättchen bedeckt und die Wunde wie dort genäht und ohne Verband gelaſſen. In den auf die Operation folgenden Tagen ſchwillt der Unterſchenkel ſtark an und, trotz multipeler bis auf den Knochen geführter Scarificationen, geht zuerſt die untere, dann auch die obere Wunde auf. Starke Eiterung, dabei aber ziemliche Euphorie. — In der dritten Woche wird das Thier appetitlos, matt, magert ab und geht ſchlieſslich am

20. Febr. unter andauernder Eiterung und profuſen Diarrhöen zu Grunde.

Die operirte (rechte) Tibia iſt nicht ſehr bedeutend verdickt. Von den Stanniolplättchen iſt nichts mehr zu finden. Die Perioſtwucherung umgrenzt wallartig den zwiſchen den Bohrlöchern liegenden Abſchnitt des Knochens, die Oeffnungen ſelbſt noch gerade in ſich ſchlieſsend und verſtopfend. Die entblöſste Knochenoberfläche erſcheint glatt, unverändert. Auf dem Durchſchnitt erweiſt ſich die Corticalis innen und aufsen von etwa 2 mm dicken, knöchernen Auflagerungen verſtärkt, die aufsen faſt die ganze Länge der Diaphyſe in ſich ſchlieſsen. Die Epiphyſenlinie iſt noch grade makroſkopiſch ſichtbar (etwa 0,5 mm.)

Mikroſk. Befund. Die ſubperioſtale Knochenauflagerung beſteht aus radienförmig zur alten Knochenoberfläche geſtellten Balken engmaſchigen ſpongiöſen Gewebes, und übertrifft an Breite und Ausdehnung die intramedulläre, die keine ſo regelmäſſige Structur zeigt und sich kaum über den von den Bohrlöchern begrenzten Bezirk erſtreckt. Um die Bohrlöcher herum ist die alte Corticalis in geringer Ausdehnung necrotiſch. Ueber dieſe Partie ſetzt die perioſtale ſowie die intramedulläre Wucherung brückenartig hinweg, im Bohrloche ſelbst incinanderflieſsend. Hier zeichnet ſich das neugebildete Knochengewebe durch unregelmäſſige, weitmaſchige Anordnung der Bälkchen aus, ſich in ſeiner Configuration an keine der beiden beſchriebenen anlehnend. — Die mit der perioſtalen, der medullären Oberfläche und untereinander communicirenden Hav. Kanäle sind erweitert, und an ihrer Wand, sowie an den genannten Knochenneubildungen laſſen ſich ſowohl Rieſenzellen als Oſteoblaſten in dem, die bezeichneten Räume erfüllenden kleinzelligen Wucherungsgewebe erkennen.

IV. Versuch (Nr. 2).

3. Febr. Ausgewachsener Kater. An der, an derselben Stelle und in derselben Weise wie bisher beschrieben, blosgelegten linken Tibia wird die Markhöhle an einer Stelle angebohrt, ein Bleidraht in dieselbe eingeführt und wie bei I das Bohrloch mit einem Stanniolplättchen verschlossen. Handschuhnaht mit Catgut.

Der operirte Unterschenkel schwillt in der ersten Woche nicht unbedeutend an und, trotz angewandter Scarification, öffnet sich die Wunde und es etablirt sich eine etwa 14 Tage andauernde Eiterung. Darauf endgiltige Verheilung.

Am 10. März wird das Thier getödtet. Das Stanniolplättchen findet sich bei der Section im Subcutangewebe eingeheilt. Der Knochen ist verdickt, das Bohrloch noch deutlich zu erkennen, aber mit einem Pfropf neugebildeten Gewebes verschlossen.

Mikroskop. Befund: Die knöcherne Auflagerung erstreckt sich über die ganze Aussenfläche der Diaphyse, am stärksten an der dem Bohrloch entsprechenden medialen Fläche, umgiebt aber nirgend die ganze Peripherie. Erst wo die Periostauflagerung schon eine bedeutende Mächtigkeit erlangt, beginnt eine ganz locale Anlagerung an die mediale Markhöhlenwand. Letztere gewinnt am Bohrloch eine grösere Ausdehnung, während die periostale plötzlich abbricht, um ersetzt zu werden durch eine breite zellige Wucherungsschicht, die durch die hier stark erweiterten Hav. Kanäle mit der Markhöhle in Verbindung tritt. Dasselbe Bild zeigt dann auch der Querschnitt durch das Bohrloch selbst, nur dass hier unregelmässig angeordnete Knochenbalken die Zellenmasse durchziehen. In dieser Höhe ist die periostale Auflagerung am dicksten, ohne jedoch auch hier circulär zu werden,

während die Markhöhle von weitmaſchigem Knochengewebe faſt ganz erfüllt ist. In Bezug auf Structur des neugebildeten und alten Knochens gilt Alles sub III gesagte.

V. Versuch (Nr. 3.)

wurde am 4. Febr. an einer ausgewachſenen Katze in derſelben Weiſe wie der IV. ausgeführt, nur wurde hier das Bohrloch nicht bedeckt.

Unter profuſer Eiterung krepirt das Thier ſchon am 9. Februar.

Mikroskp. Befund: Die ſubperioſtale Wucherung beſteht aus der mehrerwähnten Zellenmaſſe, in der ſich hin und wieder Anfänge von Knochenauflagerung auf die Oberfläche der Corticalis zeigen. Letztere iſt uneben, mit Reſorptionsgruben beſetzt, die Haversſchen Kanäle erweitert, communicirend, mit der Zellenwucherung erfüllt. An der Markhöhlenwand findet ſich ebenfalls dasſelbe Proliferationsgewebe, Rieſenzellen in Howſhipſchen Lacunen, — aber keine Knochenneubildung. Um das Bohrloch, das die Perioſtverdickung wallartig umgiebt, iſt die alte Corticalis oberflächlich necroſirt.

Die zweite Gruppe von Experimenten bezweckt eine Abſperrung der Markhöhle vom Perioſt.

Als erſte Reihe von Experimenten ſind hier die von Ul. Hilty, A. Bidder, F. Buſch und mir ſelbſt ausgeführten zu erwähnen.

Ul. Hilty[1]) bohrte in der Mitte den Tibiadiaphyſe, nach ſorgfältiger Entfernung des Perioſtes, ein Loch bis in die Markhöhle und verſchloſs dasſelbe feſt mit kegelförmigen

1) Der innere Callus etc., mitgeth. von Prf H. Meyer. Zeitsch. f. ratnll. Medc, neue Folge Bd. III. 1853.

Zapfen von Elfenbein oder Silberdraht. Bei Unterſuchung des Knochens ergab es ſich, daſs »die Callusmaſſe eine kegelförmige Erhebung um den eingekeilten Zapfen bildete.»

A. Bidder[1]) ſchlug in die Diaphyſe der Tibia junger Kaninchen Elfenbeinſtifte, deren Umfang genau dem Lumen des dazu angelegten Bohrloches entſprach. Er fand bei mikroskopiſcher Unterſuchung ſeiner Präparate bedeutende perioſtale und intramedulläre Auflagerungen an die Knochenrinde, deren Hav. Kanäle erweitert erſchienen. Auch in den im Elfenbein auftretenden Reſorptionsgruben fand ſich Knochenneubildung.

Am Femur eines Hundes bohrte F. Buſch[2]) vom Trochanter major aus die Markhöhle an und trieb in dieſelbe einen dünnen Laminariaſtift ein. «Am 23. Tage zeigte ſich das Bohrloch durch den gequollenen Laminariaſtift verſchloſſen. Innerhalb des Trochanters, dicht dem Stift anliegend, fand ſich ein kleiner noch nicht gelöſter Sequeſter. An der Aufsenfläche des Femur im oberen Drittheil beſtand ganz unbedeutende perioſtale Auflagerung und die geſammte Markhöhle war mit Knochenmaſſe angefüllt.»

Die angaben Bidder's und Buſch's beſtätigen meine Experimente. Es ſind das folgende:

VI. Versuch (Nr. 6).

20 Febr. Erwachſene Katze. An der medialen Fläche der linken Tibia wird ein kurzer Schnitt bis auf den Knochen geführt, das Perioſt zurückgeſchoben, und ein die Markhöhle eröffnendes Bohrloch angelegt. Durch Letzeres

1) Ueber krankhaftes Längenwachsthum der Röhrenknochen. Langenbeck's Archv. Bd. XVIII.

2) Knochenbildung und Resorption etc. Langenb. Arch. XXI.

wird ein kurzer Drahtſtift, der das Loch vollkommen ausfüllt, bis in die Markhöhle vorgeſchoben und der die Oberfläche des Knochens überragende Theil abgekniffen. Die kleine Wunde wird nicht genäht, ſondern nur ein Werchverband angelegt.

Bei dauerndem Wohlbefinden des Thieres tritt Heilung per primam intentionem ein. Am 19. März getödtet.

VII. Versuch (Nr. 7).

20. Februar. Erwachsenes Huhn. Wiederholt genau die sub VI. wiedergegebene Operation. Am 20. März getödtet.

Der Befund an beiden Thieren iſt ſo übereinſtimmend, daſs ich, um Wiederholung zu vermeiden, hier beide zuſammenfaſſe. Es ſei nur bemerkt, daſs die pathologiſchen Veränderungen am Huhn die bei der Katze gefundenen an Ausdehnung übertrafen. Bei beiden Thieren fand ſich der Stift im Bohrloch gelockert.

Mikroſkopiſcher Befund VI und VII: Schon auf einige Entfernung oberhalb des Stiftes findet ſich, auſser Reſorptionsgruben, eine local auftretende kleinzellige, ſubperioſtale Wucherung, die ebenfalls in den erweiterten Hav. Kanälen angetroffen wird. Näher zum Stifte trifft man dann auch das Wucherungsgewebe an der medullären Knochenoberfläche, und zwar am reichlichſten dort, wo beträchtlich erweiterte Hav. Kanäle ſich zur Markhöhle öffnen. Erſt in der Höhe des Bohrloches beginnt zuerſt ſubperioſtale und ſpäter intramedulläre Knochenappoſition von der obengeſchilderten Anordnung. Der ganze Proceſs iſt auf die nächſte Umgebung des Trauma beſchränkt. Die Wand des Bohrloches ſelbſt zeigt eine äuſserſt dünne, zum Theil in Lacunen

abgelagerte Schicht neugebildeten Knochengewebes. Je mehr aber das die Corticalis ſchräg durchſetzende Bohrloch in die Markhöhle eindringt, deſto ſtärker werden hier die Knochenneubildungen, die ſchlieſslich die ganze Peripherie des Tubus einnehmen. Unterdeſſen hat die Knochenneubildung an der Aufsenfläche an Umfang abgenommen um früher als die intramedulläre ganz zu verſchwinden.

Die nun folgenden Experimente ſetzen eine gröfsere Reſectionswunde in der Corticalis, welche nachträglich verſchloſſen wird. Ich referire zunächſt über einen von Hilty ausgeführten Verſuch.

Hilty [1]) reſecirte an einer Stelle die Corticalis, indem er «zwei gegen die Axe des Knochens divergirende Querſchnitte mit der Säge durch die ganze Dicke der Subſtantia dura» führte und das dazwiſchenliegende Knochenſtück fortmeiſselte. Die Lücke wurde durch eine in den ſo gewonnenen Falz eingeſchobene Elfenbeinplatte geſchloſſen. — Es fand ſich in der Markhöhle neugebildetes Knochengewebe, «als eine die ganze Oeffnung des Knochens verſchlieſsende Platte unter dem Elfenbeinſchieber.»

H. Maafs [2]) reſecirte an ausgewachſenen Kaninchen und Hühnern ein Stück aus der Corticalis der Tibia und verſchloſs den Subſtanzverluſt, nachdem er ein Mal das Markgewebe intact gelaſſen, das andere Mal zerſtört hatte, mit Platinplättchen, die er unter die Perioſträndер ſchob und aufserdem mit einem circulär um den Knochen geführten Platindraht befeſtigte. In beiden Fällen fand er perioſtale Knochenneubildung, während die Markhöhle davon frei blieb und ſich im zweiten Falle mit gallertigem Markgewebe füllte.

1) l. c.
2) l. c.

Liefs er die Refectionsöffnung unverfchloffen, fo fand er die Markhöhle mit Knochengewebe erfüllt.

Es ift dann weiter eine Reihe von Beobachtungen zu erwähnen, in denen es fich um entzündliche Reizung des Knochens und feiner Adnexa handelte, ohne dafs eine freie Communication zwifchen beiden Oberflächen der Knochenwand durch eine operativ angelegte Oeffnung gefchaffen wäre.

Ollier [1]) trug ein Stück Periofl vom Knochen ab. In der Folge trat bald Necrofe ein, bald blieb fie aus, immer aber fand fich intramedulläre Knochenbildung.

Bufch [2]) entlöfste ebenfo eine Partie der Tibiadiaphyfe am Hunde circulär vom Periofl und umwickelte die Partie mit Leinwand. Das Refultat war periphere Necrofe und intramedulläre Offification.

Maafs [3]) fchabte zwei Hähnen das Periofl von der Tibia in der ganzen Ausdehnung des Diaphyfe ab. In einem Falle erhielt Maas gleichfalls Necrofe der Knochenoberfläche, im anderen keine, wol aber am unteren Abfchnitt der Diaphyfe periofltale Auflagerung und Exoftofenbildung. Knochenbildung in der Markhöhle ergaben Maas Experimente nicht.

An diefe Experimente fchliefst fich an mein:

VIII. Versuch (Nr. 16.)

17. März. Erwachfener Hahn. Ein Stück Periofl von etwa 2 cm. Länge und 1 cm. Breite wurde an der medialen Tibiafläche abgetragen. Catgutfutur und Werchverband.

---

1) l. c.
2) l. c. Langenb. Archiv Bd. XX.
3) l. c.

Als nach 14 Tagen das Thier getödtet wurde, hatte das Periost sich noch nicht vollständig regenerirt, sondern umgab die bedeutend eingeschränkte entblösste Partie wallartig. Die Knochenoberfläche war nicht necrotisch.

Unter dem Mikroskop zeigen beide Knochenoberflächen Resorptionserscheinungen, die Haversschen Kanäle erweitert, stärker in dem der Markhöhle zunächst liegenden Antheile der Corticalis als unter dem Periost. Kleinzelliges Gewebe scheidet auch hier das verdickte Periost vom Knochen, bekleidet die medulläre Oberfläche und erfüllt die Gefässkanäle. Spongiöse Knochenneubildung findet sich ebenso unter dem Periost, wie im Medullarrohr, an ersterem Orte eine weitere Strecke des Knochens betheiligend.

Ferner injicirte Busch [1]) nach der von W. Koch [2]) angegebenen Methode Quecksilber in die Art. nutr. tibiae. Nach drei Monaten fand er periostale Auflagerungen über die ganze Oberfläche der Tibia verbreitet und die Markhöhle mit neugebildeter Knochensubstanz erfüllt. Ein Sequester hatte sich nicht gebildet.

Schon früher hat auch U. Hilty [3]) Knochenneubildung in der Markhöhle erzielt, ohne diese eröffnet zu haben. Er meisselte die Compacta so weit fort, bis das Mark durch bläulichen Schimmer durch die letzten Corticalislamellen seine unmittelbare Nähe verrieth. — Die operativ verdünnte Stelle zeigte sich durch eine Knochenlamelle an ihrer Innenfläche verstärkt.

In einem zweiten Experiment befestigte Hilty ein vorher stark comprimirtes Stück Holz vermittels einer Metallplatte und Drahtringes auf dem Knochen. Durch

1) l. c. Langenbeck's Archiv. Bd. XXIV.
2) Ueber embol. Knochennecrose. Langenbk. Arch. Bd. XXII.
3) l. c.

elaſtiſche Dehnung übte das Holz einen energiſchen Druck aus. — An der Druckſtelle fand ſich eine dünne intramedulläre Auflagerung, eine dickere gegenüber, wo der Ring angelegen.

Die dritte Gruppe von Experimenten, Transplantationen von Markgewebe ſind von Ollier, Maas, Goujon, Baikow ausgeführt worden.

Ollier [1]) und Maas [2]) hatten bei vielfach wiederholten Implantationen von Markſubſtanz in die verſchiedenſten Gewebe und Körperregionen immer nur negative Reſultate. Trat auch das Markgewebe mit dem neuen Mutterboden in Verbindung (greffe animale), ſo konnte doch nie Knochenbildung beobachtet werden. Das Gewebe degenerirte fettig und wurde ſchieſslich meiſt reſorbirt. — Baikow dagegen ſcheint Knochenbildung beobachtet zu haben; leider aber findet ſich bei Maas, der allein ſeiner erwähnt, nur der Name des Autors mit der kurzen Bemerkung über das Reſultat, ohne daſs die betreffende Arbeit citirt wäre. Es iſt mir nicht gelungen, dieſelben ausfindig zu machen.

Goujon [3]) veröffentlicht 6 Transplantationen von Markgewebe, die — unter einigen 30 Verſuchen — Knochenbildung geliefert. Er experimentirte an Kaninchen und Hühnern, und zwar an ganz jungen Thieren um den dritten Lebensmonat. Transplantirt wurden immer vollkommen friſche intacte, 1,5—3 Ctm. lange Cylinder von Diaphyſenmark erhalten durch vorſichtiges Abbrechen der Corticalis. Die ſo gewonnenen Markcylinder wurden in ein Muskelinterſtitium oder in's Muskelgewebe ſelbſt eingebracht und zwar am Bein und an

1) l. c.

2 l. c.

3) Rech. expérmt. sur les propriét. physl. de la moelle des os. Jour. de l'anat. et de la physl. p. Robin. VI. 1869.

der Bruft. — Die Knochenlamellen, die Goujon im transplantirten Gewebe fand und abbildete, waren nicht nur makroſkopiſch ſichtbar, ſondern meiſt auch ſchon durch die Haut zu fühlen.

So auffallend dieſe entgegengeſetzten Reſultate der Autoren auf den erſten Blick erſcheinen, ſo finden ſich doch mehre Möglichkeit zur Erklärung der Differenz. — Goujon ſelbſt weiſt darauf hin, daſs der negative Erfolg oft bedingt geweſen ſein mag durch langes Zuwarten nach der Operation. Der vom Markgewebe gelieferte Knochen habe die Eigenſchaft, bald der Reſorption zu verfallen. — Dann aber kann ich aus eigener Erfahrung beſtätigen, daſs es bei Katzen namentlich, aber auch bei Hühnern — auf die ſich meine Verſuche beſchränkten, - ſehr ſchwierig iſt, den wirklich intacten Markcylinder von der Corticalis zu befreien, da die Medullarfläche mit vielen Vorſprüngen und Einſenkungen verſehen iſt. Bei Kaninchen iſt ſie recht eben. An Kaninchen gelangen auch doppelt ſo viel Experimente, wie an Hühnern. Gelingt es nun nicht die dem Knochen zunächſt gelegene Schicht, der allein wol die nachzuweiſende Oſſificationsfähigkeit zuzuſchreiben wäre, mit in's Transplantationsobject zu bekommen, ſo kann es nicht Wunder nehmen, daſs keine Knochenbildung erfolgt, ſondern das fettreiche Gewebe einfach reſorbirt wird. — Endlich aber erwähnen Ollier und Maas nicht, ob ſie an ganz jungen Thieren operirt, wie es Goujon gethan. Da das embryonale Markgewebe an der phyſiologiſchen Knochenbildung Theil hat und ſich im poſtembryonalen Knochen noch eine Zeit lang dieſen Charakter erhält und Knochen bildet, wofür die vielfachen Reſultate mit Krapp- und Phosphorfütterung ſprechen — ſo iſt ja a priori kein Grund daran zu zweifeln, daſs dieſes Gewebe auf einen pathologiſchen Reiz mit Oſſification reagiren kann. Ich ſehe keinen Grund Goujon's Reſultate anzuzweifeln.

Gehe ich zu den von mir angeftellten Marktransplantationen über, fo habe ich bei Verfuch I erwähnt, dafs die transplantirten Markfragmente nach gefchehener Eiterung verfchwunden waren. — Noch ein zweites Mal ftörte die Eiterung das Experiment. Es handelt fich um meinen

IX. Versuch (Nr. 5.)

9. Febr. Einer frifchgetödteten, ausgewachfenen Katze wird die Tibiadiaphyfe in Cylinder von etwa 2 cm. Länge zerfägt und an diefen die Corticalis abgemeifselt. Die fo dargeftellten Markcylinder werden einer zweiten Katze von der medialen Seite her unter beide Achillesfehnen implantirt und die Wunde mit Catgutfuturen gefchloffen.

Beide Wunden gehen in den nächften Tagen auf, eitern, bis fie endlich, nach Ablauf von 3 – 4 Wochen vernarben. Am 27. März wird das Thier getödtet und mit Berlinerblaulöfung injicirt [1]). Am rechten Beine ift an der Implantationsftelle nichts mehr zu finden, am linken nur noch ein dünner Strang. In diefem zeigt das Mikrofkop fettig degenerirtes Markgewebe. Injectionsfärbung läfst fich nicht nachweifen.

X. Versuch (Nr. 9.)

23. Februar. Ein von einem 6 Stunden zuvor getödteten ausgewachfenen Hahn ftammender, wie oben präparirter, Markcylinder wird einem Huhn am rechten Unterfchenkel

1) Ich muss bemerken, dass die mit Glycerin versetzte Berlinerblaulösung von der Entkalkungsflüssigkeit stark extrahirt wurde, und es somit nur einem glücklichen Zufall zuzuschreiben ist, wenn sich trotzdem noch Spuren derselben im Object nachweisen liessen. Es kann also ein negatives Resultat der Injection nicht als sicherer Beweis mangelnder Vascularisation angesehen werden.

in der Gegend des Tendo Achll ſubfascial implantirt. Catgutſutur. Werchverband. Heilung per primam.

Am 23. März getödtet; Berlinerblau injicirt. Auch hier zeigt das ſtark verkleinerte Markklümpchen unter dem Mikroskop weder Gefäſsinjection noch auch Offification. —

Auſser dem im Tubus medullaris angehäuften Markgewebe, findet ſich ſolches in der Spongioſa der Epiphyſen und epiphyſären Enden der Diaphyſe. Es iſt dieſes dem Gewebe des centralen Markkanales genetiſch gleichwerthig, erhält ſich aber länger die jugendlichen, oſteogenen Eigenſchaften, es iſt die Quelle der Appoſition in der Epiphyſenlinie.

Ich habe aus der Literatur nur über ein, den Gelenkkörper betreffendes Experiment zu referiren. Hilty[1]) bohrte »durch das obere Gelenkende der Tibia, quer durch die ganze Subſtant. ſpongioſa ein Loch mit einem Pfriemen,« und füllte dasſelbe mit Silberdraht aus. Der Draht fand ſich von einer compacten Knochenlamelle eingekapſelt. — Leider machte Meyer, der über die Arbeit berichtet, nur die Angabe, daſs alle Verſuche von H. an Kaninchen und Katzen angeſtellt wurden, giebt aber ebenſowenig ein Notiz über das Alter der Verſuchsthiere, wie über das ſonſtige Verhalten der Knochen.

In ähnlicher Weiſe, wie eben angeführt, habe ich ſelbſt experimentirt:

XI. Versuch (Nr. 12.)

27. Februar. Erwachſenes Huhn. Durch einen kleinen Einſchnitt wird in den lateralen, unteren Gelenkkörper der Tibia von auſsen her mit dem Pfriemen ein Loch gebohrt

1) l. c.

und in dasselbe ein Eisendraht-Stift eingetrieben. Werchverband.

Am 9. März, nachdem seit einigen Tagen der Verband fortgelassen war, perforirte der Stift die Haut und wurde, da er vollkommen gelockert war, entfernt. Am 13. M. wird die Nagelung percutan wiederholt.

Als das Thier am 27. März getödtet worden, ergiebt sich, dass der Nagel, der den lateralen Gelenkkörper fast durchsetzt hatte, beweglich im Knochen steckt.

XII. Versuch (Nr. 15).

15. März. Ausgewachsene Katze. Wiederholung der zweiten sub IX. vorgenommenen Nagelung. — Auch das Resultat ist dasselbe, nur dass hier der Fremdkörper weniger tief eingedrungen war.

Der mikroskop. Befund ist an beiden Objecten im Princip übereinstimmend, nur sind bei der Katze auch in diesem Falle die Veränderungen quantitativ geringer. — In nächster Umgebung des Fremdkörpers ist das Knochengewebe geschwunden und an seine Stelle zum Theil fettreiches Markgewebe getreten. In letzterem trifft man vereinzelte Knocheninseln, von lacunären Cortouren umgeben. Weiterhin treten die Resorptionserscheinungen mehr und mehr zurück. Die Corticalis des anliegenden Diaphysenabschnittes erscheint von periostaler Neubildung verstärkt und ihre Hav. Kanäle erweitert. —

Da wegen der oben angeführten Schwierigkeiten die Transplantation des diaphysären Markcylinders in ihren negativen Resultaten unsicher erscheint, führte ich die Operation mit markhaltiger Spongiosa aus.

XIII. Versuch (Nr. 10).

26. Febr. Einem frifchgetödteten ausgewachfenen Hahne wird ein Wirbelkörper entnommen, die dichteren äufseren Knochenlagen entfernt und der fo gewonnene fpongiöfe Kern einem ebenfalls erwachfenen Huhne in die linke Regio lumbalis fubfascial implantirt. Die Wunde wird durch Catgutfuturen gefchlofsen und ein Werchverband angelegt. — Alle Woche wird, um einen Reiz auf den Knochenkörper auszuüben, derfelbe mit dem Pfriemen percutan geftichelt. Hierbei erhält man den Eindruck, als handele es fich um eine bröckelig zerfallende Mafse, die progreffiv an Volumen verliere. Am 24. März wird das Thier getödtet und vom Arcus aortae aus Berlinerblau injicirt.

Der implantirte Knochenkörper ift makrofkopifch nicht nachzuweifen. Unter dem Mikrofkop dagegen gelingt es, in einer Anhäufung von kleinzelligem, fettreichem Markgewebe fpärlich verftreute Knocheninfeln zu finden. Sie zeigen fcharfrandige, buchtige Contouren, Howshipfche Lacunen, in diefen hie und da Riefenzellen. Nichts deutet auf Knochenneubildung. Das Transplantationsobject fcheint mit der Umgebung in Gefäfsverbindung getreten zu fein.

XIV. Versuch (Nr. 11).

26. Febr. Von dem zum vorhergehenden Verfuche getödteten Hahne wird, wie es am Wirbel gefchehen, eine Scheibe fpongiöfen Gewebes von 3—5 Mm. Dicke aus der unteren Tibiaepiphyfe gewonnen, und einem Huhn in der linken Lendengegend unter die Fascie gebracht. Catgutfuturen, Werchverband. Behandlung wie bei XIII; hier ift die Verkleinerung nicht fo merklich wie dort. — Am 24. März getödtet und injicirt.

Der in eine Bindegewebskapfel eingefchloffene Körper hat an Volumen entfchieden verloren. — An mikrofkop. Präparaten fällt eine Erweiterung des Mafchenwerkes der Spongiofa auf. Zur Peripherie hin find die Knochenbälkchen in reichliches Markgewebe eingebettet, fie find vielfach verdünnt, unterbrochen und zeigen fcharfe, lacunäre Ränder. Es laffen fich deutlich Riefenzellen erkennen. Zur Mitte hin verlieren fich die Reforptionserfcheinungen; nichts aber läfft Knochenneubildung vermuthen. Vascularifation ift nicht ficher zu conftatiren.

XV—XVIII. Versuch (Nr. 13 u. 14, 17 u. 18).

Der eben gefchilderte Verfuch wird an noch 4 Thieren wiederholt. Das erfte Paar lebte nach der Operation 3, das zweite 2 Wochen. Das Refultat war im Allgemeinen wie oben. Mehrweniger weit vorgefchrittene lacunäre Reforption, keine Knochenneubildung. Beim zweiten Paare war der Farbftoff in's transplantirte Gewebe eingedrungen, es fcheint letzteres alfo mit dem neuen Mutterboden in Gefäfsverbindung getreten zu fein.

XIX u. XX. Versuch. (Nr. 19 u. 20.)

6. April. Einem frifchgetödteten Kaninchen von drei Monaten wurde je eine Knochenfcheibe zu beiden Seiten der unteren Epiphyfenlinie entnommen, fo zwar, dafs der gröfsere Theil des Epiphyfenknorpels dem diaphyfären Stücke anhaftete. Wie früher befchrieben, wurden die Scheiben möglichft nur aus fpongiöfem Gewebe mit dem Epiphyfenknorpel beftehend hergeftellt. Diefelben wurden zwei Kaninchen vom felben Wurfe in die Regio lumbalis intra-

musculär implantirt, die Wunde mit Catgut vernäht und mit Werch verbunden.

Am 20. April wurden beide Thiere getödtet und Berlinerblau in die Aorta abdomin. injicirt.

Mikroſkop. Befund: Diaphyſenſtück: Vascularisation nicht nachweisbar. In kleinzelligem Gewebe finden ſich der Reſorption verfallende Knochenpartikel verſtreut. Der mehr central gelegene Theil, den Verknöcherungsrand enthaltend, iſt mehr im Zuſammenhang geblieben, zeigt aber ebenfalls, wenn auch weniger deutliche Spuren ſtattgehabter Reſorption. Keine Knochenneubildung.

Epiphyſenſtück: Hier weiſen deutlich injicirte Gefäſse auf ſtattgehabte organiſche Verbindung mit dem neuen Mutterboden hin. In der Peripherie der wohlerhaltenen Scheibe trifft man vielfach Howship'ſche Lacunen mit Rieſenzellen, während gegen das Centrum hin die Contouren der Knochenbälkchen mehr glatt, gleichmäſsig convex erſcheinen und ſchöne, epithelartig angelagerte Oſteoblaſten zeigen. Beide Proceſſe greifen indeſs vielfach in einander über. Verglichen mit möglichſt entſprechenden Partien der normalen Epiphyſe, erſcheinen im transplantirten Gewebe die Knochenbalken verdickt, die Maſchen verengt. —

Suche ich aus den vorliegenden Daten die Bedeutung des Markgewebes für die Regeneration des Röhrenknochens zu erſchlieſsen, ſo muſs ich wieder, wie beim Perioſt, darauf hinweiſen, daſs das einzige unumſtöſslich ſichere Kriterium für pathologiſche Oſſificationsfähigkeit die Knochenbildung im vollſtändig iſolirten Gewebe liefert. In jedem anderen Falle iſt eine Täuſchung über den Urſprung der Neoplaſie nicht mit abſoluter Sicherheit auszuſchlieſsen, folglich auch der Einwurf, es handele ſich um eine Ueberwucherung

oſteogenen Gewebes vom Periоſt her, nicht mit der nöthigen Präciſion zurückzuweiſen. Darauf, daſs eine ſolche Einwanderung der Oſteoblaſten vom Periоſt her nicht nur möglich ſondern auch wahrſcheinlich iſt, komme ich ſpäter zurück.

Das Markgewebe hat je nach dem Alter des Individuums verſchiedenes Ausſehen und Function. - Nach Virchow unterſcheiden wir rothes, embryonales Mark vom gelben, fettreichen Marke. Erſteres überdauert die Embryonalperiode um eine gewiſſe Zeit um ſpäter durch Fettaufnahme in feine Zellen in die gelbe Modification des dem erwachſenen Knochen phyſiologiſchen Gewebes überzugehen.

Ebenſo differirt die functionelle Bedeutung je nach der Altersperiode. Am jungen Knochen, in der Periode des energiſchſten Wachsthumes habe ich an der Wand der centralen Markhöhle Oſteoblaſten nachweiſen können, was auf offificatoriſche Thätigkeit hindeutet.

Dieſe iſt auch von G. Schwalbe[1]) für das Markgewebe menſchlicher Knochen bis zum 4. Lebensjahre etwa conſtatirt. In der Spongioſa der Epiphyſengegend perſiſtiren Oſteoblaſten und dauert Knochenappoſition bis zum Abſchluſs des Längenwachsthumes fort.

Das Markgewebe älterer Knochen entbehrt der Oſteoblaſten, bildet kein Knochengewebe unter normalen Verhältniſſen und iſt wol zu einer ganz differenten Rolle berufen. Welche Function aber dieſem gelben Marke zukomme, ob es dem Wechſel der Blutkörperchen oder der Elaſticität des Knochens diene, oder etwa nur ein Fettdepot darſtelle, das zu erörtern iſt hier nicht der Ort.

Es erſcheint daher mehr als berechtigt, auch für die

1) Ueber das postembryn. Knochenwachsthum Jena. Zeitschrf. f. Med. und Naturw. Bd. XI. 1877.

Betrachtung pathologiſcher Proceſſe, das junge, normaliter offificirende Markgewebe von dem alten zu ſcheiden, das nach Ollier mehr ein Product ſtattgehabter Reſorption darſtellen dürfte.

Wende ich mich nun zum Markgewebe junger Knochen, ſo habe ich Goujon's Transplantationen von diaphyſären Markcylindern zu berückſichtigen. In mehren Fällen wurde Offification im vollſtändig iſolirten Gewebe nachgewieſen,

Ferner mein XX. Verſuch, die Transplantation einer in Appoſition begriffenen Epiphyſe. Das in organiſche Verbindung mit der Umgebung getretene Gewebe zeigt deutliche Umſäumung der Knochenbälkchen mit Oſteoblaſten. Nehme ich hinzu, daſs das Maſchenwerk enger erſcheint als am normalen Knochen, ſo iſt freilich auf Letzeres allein nicht viel Gewicht zu legen: es kann leicht Täuſchung eintreten, weil es nicht möglich iſt, an Structur genau entſprechende Partien zu vergleichen. Beide Argumente zuſammen laſſen es indeſſen mehr als wahrſcheinlich erſcheinen, daſs die Appoſition auch nach der Operation Fortſchritte gemacht. Es wäre doch mindeſtens befremdlich, daſs ſich Oſteoblaſten längere Zeit im erſtorbenen, der Reſorption verfallenen Gewebe ſo intact erhalten ſollten, — und andererſeits iſt a priori kein Grund dagegen anzuführen, daſs, bei wiederhergeſtellter Ernährung die Zellen ihre phyſiologiſche Thätigkeit fortſetzen. Alſo auch in meinem Falle gilt mir Knochenbildung als conſtatirt.

Ich komme zu dem Schluſſe, daſs junges, phyſiologiſch Knochen bildendes Markgewebe auch unter pathologiſchen Verhältniſſen offificationsfähig iſt, ſich an der Knochenregeneration betheiligt.

Gehe ich jetzt zu dem Markgewebe über, das phyſio-

logiſch nicht mehr Knochengewebe liefert, und meſſe ſeine pathologiſche Offificationsfähigkeit mit dem bisher angewandten Maſsſtabe, ſo gelange ich zu durchaus anderen Reſultaten. - - Ollier, Maas und ich haben Diaphyſenmark transplantirt. Das Reſultat war entweder Reſorption oder fettige Degeneration des transplantirten Gewebes. Niemals gelang es Knochenbildung zu conſtatiren.

Daſſelbe negative Reſultat gaben meine Transplantationen ſpongiöſen, markreichen Knochengewebes. Die Möglichkeit bei derartigen Operationen Knochenbildung zu erzielen beweiſt mein Experiment mit der jugendlichen Epiphyſenſcheibe. Erſte Bedingung dafür iſt natürlich die fortgeſetzte Ernährung unter den neuen Verhältniſſen, und daſs dieſe eingetreten, ſcheint die zweimal ſicher gelungene Gefäſsinjection (XVII und XVIII) zu beweiſen. Dennoch gelang es auch hier nie, Spuren von Knochenneubildung zu entdecken. Das Knochengewebe verfiel der Reſorption.

Aber noch eine dritte Art des Experimentes habe ich angeführt, bei der man erwarten könnte, perioſtale Producte vom Markgewebe mit Sicherheit auszuſchlieſsen. Ich meine Epiphyſennagelungen durch das Gelenk hindurch, wo die Perioſtbekleidung fehlt. In der Weiſe operirte Hilty, und ebenſo gehören meine Verſuche XI. u. XII. hierher. H. erhielt eine deutliche Verdichtung des ſpongiöſen Gewebes um den Fremdkörper, ich dagegen keine Knochenbildung, ſondern nur Reſorption. Leider findet ſich auch bei dieſem Verſuche Hilty's das Alter des Thieres nicht angegeben. War das Längenwachsthum noch nicht abgeſchloſsen, ſo iſt nach dem Obigen Knochenneubildung im Oſteoblaſten führenden Gewebe zu erwarten. Handelte ſich's aber um einen ausgewachſenen Knochen, ſo habe ich bei Unterſuchung der von meinen Experimenten gelieferten Präparate auch dafür eine

Erklärung gefunden. Es fanden ſich nicht unbedeutende perioſtale Auflagerungen am benachbarten Diaphyſenabſchnitte. Da wäre eine Ueberwucherung ebenſowohl möglich, wie es ſpäter für die Reizung des Diaphyſenmarkes gezeigt werden ſoll, und wäre vielleicht auch, bei noch längerem Zuwarten, in meinen Experimenten das perioſtale Proliferationsgewebe bis zur Epiphyſe vorgedrungen.

Die ausnahmslos negativen Reſultate der Transplantationen des Markgewebes erwachſener Knochen beweiſen freilich an ſich nicht die Unmöglichkeit oſſificatoriſcher Thätigkeit des Gewebes, die vielleicht unter günſtigeren Umſtänden ſich zeigen könnte. Ollier[1]) meint, daſs das Markgewebe, von dem er zugiebt, daſs ſeine oſteogenen Eigenſchaften gegen die des Perioſtes ſehr gering ſind, — daſs dieſes Gewebe, pathologiſch gereizt, Knochenſubſtanz nur dann liefern könne, wenn es an Ort und Stelle verharre. Er verlangt eine gewiſſe Continuität mit dem Knochengewebe. — Dieſe Einſchränkung erſcheint gewiſs auffällig. Laſſen ſich doch trotz der ſupponirten geringen oſteogenen Fähigkeit Oſſificationsproducte in der Markhöhle nachweiſen, die den perioſtalen an Umfang kaum nachgeben; und warum ſollte ein Gewebe, das auf einen Reiz mit Knochenbildung zu reagiren bereit iſt, nicht an jedem Orte, wo es die geeigneten Ernährungsbedingungen findet, ſeine ſpecifiſche Thätigkeit entfalten. Daſs Letzteres wirklich möglich iſt, beweiſen Goujon's Experimente. Ich kann mich durch Ollier's Erklärungsverſuch nicht befriedigt fühlen, er weiſt mich im Gegentheil darauf hin, die Quelle intramedullärer Knochenbildungen am erwachſenen Knochen nicht im Markgewebe ſelbſt, ſondern irgendwo anders zu ſuchen.

1) l. c.

Ift es aber nicht das Knochenmark, das die Neoplafie liefert, fo kann es nur das Perioft fein, das als einziger Regenerator übrig bleibt.

Dafs es an fich thunlich ift, die intramedullär angetroffenen Knochendepots auf das Perioft als Quelle zurückzuführen, erweift der gröfste Theil meiner Experimente. Wo fich überhaupt intramedulläre Knochenbildung am Erwachfenen zeigte, da fand fich auch fubperioftale Appofition; auch in der Literatur habe ich diefe Combination nie vermifst. — Und zwar zeigt fich nicht nur an demfelben Knochen die perioftale Auflagerung meift weiter verbreitet als die intramedulläre, fondern auch an Präparaten, die bald nach der Operation zur Unterfuchung kamen, ergiebt fich, dafs zuerft die ofteogene Schicht unter dem Perioft wuchert (I). refp. fich regenerirt (II), dafs dann fubperioftale Knochenbildung auftritt, während die Medullarfläche nur erft auf Reforption zu deutende Erfcheinungen darbietet (V), bis dann endlich auch hier Ofteoblaften Knochengewebe liefern.

Auf welchem Wege aber gelangt die perioftale Wucherung in die Markhöhle? — Wo es fich um Trennung der Continuität in der Corticalis handelt, ftellt die Knochenwunde den freiften und bequemften Weg für die Invafion dar, wie es Maafs[1]) hervorgehoben. Nach meinen Beobachtungen erfcheint es aber möglich und wahrfcheinlich, dafs es nicht der Subftanzverluft in der Corticalis allein ift, der die ungehinderte Communication zwifchen Perioft- und Markoberfläche abgiebt, fondern dafs die entzündliche Rarefaction der Compacta, die Erweiterung der Gefäfskanäle, ebenfo die Propagation perioftaler Wucherungselemente begünftigt.

1) l. c.

Und dieſer letztangeführte Weg, die erweiterten Hav. Kanäle, iſt der einzige, auf dem das ſubperioſtale Wucherungsproduct die Markhöhle erreichen kann in den Fällen wo die Corticalis keinen Subſtanzverluſt erlitten oder dieſer feſt verſchloſſen wurde. Bei meinen Verſuchen VI u. VII, bei denen übrigens auch neben dem Stift die Wucherung eingedrungen ſein mag, namentlich aber bei Verſuch VIII iſt dieſe Gefäſsraumerweiterung und Erfüllung mit kleinzelligem Wucherungsgewebe ſehr deutlich. Auch bei den Autoren[1]) finden ſich derartige Angaben, ſoweit überhaupt das Verhalten des Knochens ſelbſt geſchildert wird. Buſch und Maas referiren freilich nur von Perioſtauflagerungen, Bidder dagegen beſchreibt ſpeciell die Erweiterung der Hav. Kanäle.

Es wird nach alle Dem zugegeben werden müſsen, daſs auf die angegebene Weiſe die ſubperioſtale oſteogene Schicht ſich auf die Markhöhle verbreiten kann. Ich ſehe keine Möglichkeit durch poſitiven Beweis den perioſtalen Urſprung intramedullärer Oſſificationsproducte im erwachſenen Knochen auſser allen Zweifel zu ſetzen. Somit bleibt mir nichts übrig, als bei der auf die gröſste Wahrſcheinlichkeit baſirten Hypotheſe ſtehen zu bleiben: daſs nach abgeſchloſſener phyſiologiſcher Appoſition an einer beſtimmten Stelle auch durch den Entzündungsreiz das Markgewebe nicht die Fähigkeit erhält, aus ſich ſelbſt die embryonalen, oſteogenen Elemente wiederzuerzeugen, ſondern daſs dieſe ihm vom Perioſt auf dem Wege der erweiterten Gefäſskanäle zugeführt werden.

Nach dieſer Hypotheſe bietet es keine Schwierigkeiten

1) ll. cc.

das Zuſtandekommen von Periоſt- und Markoſſificationen bei den verſchiedenartigſten Verſuchen ſich zu veranſchaulichen. Mag die Reizung die Knochenhaut direct oder indirect, durch Propagation von der Markhöhle aus, getroffen haben, es greift immer, wenn ſie eine gewiſſe Reichlichkeit erlangt, die Perioſtwucherung auf die Markhöhle über.

Auch die entgegengeſetzten Ergebniſſe bei Perioſtreſectionen erklären ſich an der Hand dieſer Theorie auf's Ungezwungenſte, während bei der Annahme ſelbſtändiger Markoſſification es nicht möglich iſt einzuſehen, warum dieſe im einen Falle eintreten ſollte, im anderen aber nicht. Ollier, Buſch und ich fanden intramedulläre Knochenbildung, Maas dagegen keine. Maas aber hatte den ganzen Knochen vom Perioſt entblöſst; in den anderen Fällen handelte ſich's dagegen um partielle Denudationen. Fehlte das Perioſt vollſtändig, ſo konnte es weder aufsen noch innen Knochengewebe liefern, war es nur durch partielle Entfernung am perſiſtirenden Antheile gereizt, ſo proliferirte und offificirte es.

Maas[1]) führt ein Experiment an, bei dem er nach ſorgfältigem Verſchluſs der Reſectionsöffnung keine intramedulläre Knochenbildung gefunden. Es iſt nicht anzunehmen, daſs die Reizung zu gering geweſen wäre, um die Perioſtwucherung bis in die Markhöhle zu führen. Es bleibt keine andere Erklärung für dieſe eigenthümliche Erſcheinung übrig, als die von Buſch[2]) gegebene: der aufgehobene Abfluſs entzündlicher Secrete aus der Markhöhle habe ein Hinderniſs für die Knochenbildung abgegeben.

Endlich will ich nicht unerwähnt laſſen, daſs der von

1) l. c.
2) Osteoblastentheor. etc. Deut. Zeitschsr. f. Chirg. Bd. X.

mir aufgeſtellte Modus intramedullärer Offification bei der Entzündung, genau mit dem für die embryonale Entwickelung von Stieda, Steudener [1]) und Anderen übereinſtimmend geſchilderten Vorgang der endochondralen Knochenbildung in Einklang ſteht. Hier wie dort ſchafft ſich die Oſteoblaſtenmaſſe durch Reſorption einen Zugang zu dem von der Corticalis umſchloſſenen Gewebe, um an dieſem Orte, unabhängig von dem präexiſtirenden Gewebe, ihre offificatoriſche Thätigkeit zu entfalten.

Recapitulire ich, daſs ſelbſtändige Offification im Markgewebe, dem unter phyſiologiſchen Verhältniſſen keine oſteogenen Eigenſchaften mehr zukommen, auch pathologiſch nicht direct beobachtet werden kann; daſs es ferner keine Schwierigkeit bietet, die intramedullär auftretende, entzündliche Knochenbildung auf perioſtale Elemente zurückzuführen; und daſs ſich endlich, den perioſtalen Urſprung der Neubildung vorausgeſetzt, alle experimentellen Beobachtungen auf's Einfachſte erklären laſſen — ſo glaube ich mich berechtigt zu behaupten, daſs Knochenneubildung, die ſich in phyſiologiſch nicht mehr apponirendem Markgewebe unter pathologiſchen Verhältniſſen findet, vom Perioſt ſtammt.

Faſſe ich beide für die verſchiedenen Altersperioden aufgeſtellten Sätze zuſammen, ſo ſage ich kurz: Das Markgewebe des Röhrenknochens liefert unter pathologiſchen Verhältniſſen nur dort Knochenſubſtanz, wo ihm phyſiologiſch dieſe Fähigkeit zukommt.

Der Röhrenknochen regenerirt alſo einen gegebenen Subſtanzverluſt:

1) ll. cc.

1. aus dem Periofl während der ganzen Lebensdauer;
2. aus dem Knochenmark im kindlichen Alter, — und zwar erlifcht hier diefe Fähigkeit im felben Verhältniffe, wie die phyfiologifche Appofition, im Allgemeinen von der Mitte der Diaphyfe zur Epiphyfe fortfchreitend.

THESEN:

1. Alle pathologiſche Knochenbildung am Skelet iſt perioſtalen Urſprunges.

2. Knorpelgewebe tritt im Callus nie auf.

3. Die Hypotheſe Kölliker's, welche die Oſtoklaſten von Oſteoblaſten herleitet, iſt nicht haltbar.

4. Narcotica wirken beim acuten Kehlkopfkatarrh radical.

5. Die acuten Exantheme ſind im Desquamationsſtadium nicht infectiös.

6. Das Grundprincip der aſeptiſchen Wundbehandlung wird auch von den Fachleuten noch zu wenig gewürdigt.

LANE MEDICAL LIBRARY
300 PASTEUR DRIVE
PALO ALTO, CALIFORNIA 94304